

**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN
MARCOS**

FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

E.A.P. DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

**Determinación de plomo y arsénico en jugo de caña
de azúcar (*Saccharum officinarum*) por
espectroscopia de absorción atómica en Lima
Metropolitana**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutico

AUTOR

Jesús Emanuel Huanri Pacotaype

ASESOR

Mg. José Alfonso Apesteguía Infantes

Lima – Perú

2014

**Agradezco inmensamente a Dios
Todopoderoso por darme fuerza para
seguir adelante.**

Dedico el presente trabajo a mi
familia en especial a mi madre que
es el motivo y el motor para seguir
adelante.

A mi asesor por sus sabios
consejos, al Mg. José Alfonso
Apesteguía Infantes.

Al Vicerrectorado de investigación
de la Universidad Nacional Mayor
de San Marcos por la subvención
económica otorgada.

Este trabajo de investigación fue
financiado con el apoyo del
fondo de promoción de trabajo
de tesis de pregrado del VRI-
UNMSM y Facultad Farmacia y
Bioquímica código N°0043/FFB-
UI/2013. R.D N°00093-FFB-D-
2013

Agradecimientos

A los miembros del Jurado debido a la experiencia y profesionalismo, y por ser ejemplos a seguir; además tengan mis cordiales saludos por ser parte de mi formación profesional y ser sanmarquinos.

Miembros del Jurado

Dr. Mario Carhuapoma Yance (Presidente)

Mg. Cesar Augusto Canales Martínez

Mg. Delia Yolanda Whu Whu

Q.F. Bertha Jurado Teixeira

ÍNDICE

	PÁGINA
RESUMEN	
SUMMARY	
INTRODUCCIÓN.....	1
HIPÓTESIS.....	4
OBJETIVOS	4
I. MARCOTEÓRICO	
IA. CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum officinarum</i>).....	5
1A.1 Orígenes.....	5
1A.2 Cultivo en el Perú.....	5
1A.3 Aspectos botánicos de caña de azúcar.....	9
1A.4 Composición química del jugo de caña de azúcar.....	12
1A.5 Valor nutricional del jugo de caña de azúcar.....	15
1A.6 Reacciones químicas en el jugo de caña azúcar.....	16
1A.7 Información popular.....	20
1A.8 Beneficios para la salud.....	20
IB. ARSÉNICO.....	21
1B.1 Características fisicoquímicas.....	21
1B.2 Límites de exposición.....	21
1B.3 Fuentes de contaminación del arsénico.....	22
Fuentes naturales	22
Fuentes antropogénicas.....	23
Fuentes de contaminación en el ambiente	25
1B.4 Principales grupos de riesgo.....	26
1B.5 Toxicocinética.....	26
1B.6 Toxicodinamia.....	28
1B.7 Manifestaciones clínicas.....	30
1B.8 Prevención.....	34
IC. PLOMO.....	35
1C.1 Características fisicoquímicas.....	35
1C.2 Límites de exposición.....	35
1C.3 Fuentes de contaminación del plomo.....	36
Fuentes naturales	36

Fuentes antropogénicas.....	37
Fuentes de contaminación ambiental.....	38
1C.4 Principales grupos de riesgo.....	39
1C.5 Toxicocinética.....	40
1C.6 Toxicodinamia.....	41
1C.7 Manifestaciones clínicas.....	41
1C.8 Prevención.....	44
II. PARTE EXPERIMENTAL.....	47
2.1 Obtención y recolección de muestras.....	47
2.2 Toma de muestras.....	47
2.3 Materiales equipos y reactivos.....	54
2.3 DETERMINACIÓN DEL ARSÉNICO.....	56
2.3.1 Método empleado: fundamentado.....	56
2.3.2 Preparación de las muestras.....	58
2.3.3 Curva de calibración.....	60
2.3.4 Flujograma de análisis de muestras.....	63
2.4 DETERMINACIÓN DEL PLOMO.....	64
2.4.1 Método empleado: fundamentado.....	64
2.4.2 Preparación de las muestras.....	65
2.4.3 Curva de calibración.....	67
2.4.4 Flujograma de análisis de muestras.....	70
III. RESULTADOS	71
IV. DISCUSIÓN.....	90
V. CONCLUSIONES.....	94
VI. RECOMENDACIONES.....	95
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	97
VIII. ANEXOS.....	100

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se determinó las concentraciones de arsénico y plomo en el “jugo de caña de azúcar” (*Saccharum officinarum*) en los distritos de El Agustino, Rímac, Lima Cercado, La Victoria, San Juan de Lurigancho en los meses de noviembre – diciembre del año 2013.

El método utilizado para la determinación de arsénico fue Espectroscopía de Absorción Atómica por generador de hidruros y Absorción Atómica en horno de grafito para el plomo, debido a que es el método de elección según bibliografías actuales. Para la determinación de metales en distintos tipos de muestras su aceptabilidad se debe a su especificidad, sensibilidad y facilidad de operación. Las muestras fueron recolectadas en 5 distritos más populosos de Lima Metropolitana: El Agustino, El Rímac, Lima Cercado, La Victoria, San Juan de Lurigancho, de los cuales se seleccionaron las avenidas más congestionadas y con alta carga de contaminación de aire y de suelos, que está relacionado con la mayor afluencia peatonal y vehicular según la gerencia de transporte urbano de la Municipalidad de Lima Metropolitana, a su vez las muestras se recolectaron en dos horarios; la primera recolecta se hizo a las 10:00 am y después a las 6:00 pm, los análisis se realizaron en la Unidad de Servicios de Análisis Químicos (USAQ) de la Facultad de Química e Ingeniería Química (FQIQ) de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM).

Se obtuvo una media de arsénico de 29.23 ppb ($\mu\text{g/L}$). En el caso del plomo se obtuvo una media de 446.10 ppb ($\mu\text{g/L}$). La concentración promedio de arsénico a las 10:00 a.m. fue no detectable o $<1\text{ppb}$ ($\mu\text{g/L}$) y a las 6:00 p.m. fue de 53.16 ppb ($\mu\text{g/L}$) con una desviación estándar de $\sigma=136.85$. En la determinación de plomo el análisis de muestra tomada a las 10:00 a.m. el promedio de concentración fue de 363.61 ppb ($\mu\text{g/L}$) con una desviación estándar de $\sigma=275.29$ y a las 6:00 pm fue de 513.59 ppb ($\mu\text{g/L}$) con una desviación estándar de $\sigma=340.63$.

Se concluye que las concentraciones de arsénico no superan los límites máximos permisibles (LMP) según Organización Mundial de la Salud (OMS), Organización para la Alimentación y Agricultura (FAO) y Codex Alimentarius que es 200 ppb pero en el caso del plomo los límites superan a los valores máximos permisibles que según OMS, FAO y Codex Alimentarius es 100 ppb y a su vez se concluye que las concentraciones de plomo y arsénico aumentan mientras mayor sea el tiempo de exposiciones al medio ambiente. Se recomienda más interés por los entes sanitarios, a su vez promover en los vendedores conciencia sanitaria en las etapas de obtención del “jugo de caña de azúcar”.

Palabras clave: *Saccharum officinarum*, Organización Mundial de la Salud (OMS), Codex Alimentarius, concentraciones límites, espectroscopia de absorción atómica.

SUMMARY

In the present investigation the concentrations of arsenic and lead were determined in the " cane juice " (*Saccharum officinarum*) in the districts of El Agustino, Rímac, Lima Cercado, La Victoria, San Juan de Lurigancho in the months from November to December 2013.

The method used for the determination of arsenic by Atomic Absorption Spectroscopy hydride generator and atomic absorption graphite furnace for lead, because it is the method of choice as current bibliographies, for the determination of metals in different types of samples acceptability is due to their specificity, sensitivity and ease of operation . Samples were collected on 5 more populous districts of Lima; El Agustino, Rímac, Lima Cercado, La Victoria, San Juan de Lurigancho which avenues congested and high burden of air pollution and soil , which is related to the increased pedestrian traffic and vehicular were selected according to management urban transport of the Municipality of Metropolitan Lima turn samples were collected in two hours; the first gathering was at 10:00 am and after 6:00 pm, the analyzes were performed in the Chemical Services Unit Tests (USAQ) School of chemistry and chemical engineering (FQIQ) National University Mayor de San Marcos (San Marcos) .

An average of 29.23 ppb arsenic ($\mu\text{g/L}$) was obtained. In the case of lead 446.10 average ppb ($\mu\text{g/L}$) was obtained. The average concentration of arsenic at 10:00 am was not detectable or < 1 ppb ($\mu\text{g/L}$) and at 6:00 pm was 53.16 ppb ($\mu\text{g/L}$) with a standard deviation of $\sigma=136.85$. In determining lead the analysis of the sample taken at 10:00 am the average concentration was 363.61 ppb ($\mu\text{g/L}$) with a standard deviation of $\sigma=275.29$ and at 6:00 pm was 513.59 ppb ($\mu\text{g/L}$) with a σ =standard deviation of 340.63 .

It is concluded that arsenic concentrations do not exceed the maximum permissible limits (MPL) as World Health Organization (WHO) , UN Food and Agriculture Organization (FAO) and Codex Alimentarius is 200 ppb but in the case of lead limits exceed the maximum permissible values according to WHO, FAO and Codex Alimentarius is 100 ppb and in turn it is concluded that the concentrations of lead and arsenic increase the longer the time of exposure to the environment. More interest by health authorities, in turn sellers promote health awareness in the stages of production of "cane juice ".

Keywords: *Saccharum oficcinarum*, World Health Organization (WHO), Codex Alimentarius, concentration limits, atomic absorption spectroscop

INTRODUCCIÓN

La venta de alimentos en la vía pública es un proceso que reviste gran importancia sanitaria, económica y sociocultural, principalmente en las zonas urbanas de las ciudades. Ésta actividad constituye un medio importante para obtener ingresos, ya que los alimentos de venta ambulatoria son de bajo costo, siendo objeto de un amplio consumo y, a menudo, representan una parte importante de la ingesta diaria de alimentos de niños y adultos. No obstante, las limitadas condiciones, la falta de conocimientos y conciencia en la higiene sanitaria en el manejo, manipulación de alimentos como la caña de azúcar, así como el uso de equipos y materiales como extractores de rodillos que son fabricados con metales no confiables, a su vez los puntos de venta que en general son en avenidas o lugares de mayor congestión peatonal generan factores de riesgos potenciales para la salud pública¹.

El consumo masivo de la caña de azúcar en diferentes formas (rodajas, jugos, etc.) y el escaso control sanitario por las instituciones y municipios no garantiza un producto de calidad y seguro para la población, además en la medicina tradicional al jugo de caña de azúcar se le atribuye muchas propiedades terapéuticas el cual genera mayor consumo por parte de la población.

El aumento de la población e industrialización han dado origen a la urbanización, lo cual contribuye a intensificar los problemas ambientales en función a la densidad de personas e industrias, además del crecimiento explosivo del uso de energía y la introducción de nuevos productos. Este crecimiento, en particular en los países desarrollados, ha estado acompañado de nuevos procesos industriales que con sus desperdicios, en muchos casos altamente tóxicos (plaguicidas, grasas, metales pesados, entre otros) afectan el entorno y pueden crear grandes problemas de tipo ambiental y sanitario. Dentro de éstas sustancias consideradas altamente tóxicas, los metales pesados como el arsénico y plomo se encuentran entre los contaminantes elementales más perjudiciales por lo que su determinación es de gran interés por su gran toxicidad y bioacumulación en los seres humanos². Éstas razones y otras causas conlleva a realizar el estudio de investigación el cual tiene el objetivo de determinar las concentraciones trazas de arsénico y plomo en jugo de caña ya que conocer los riesgos permite corregirlos y aplicar buenas continuas para la mejoría y la calidad de la población.

Debido a su naturaleza no biodegradable y persistente, los metales pesados son acumulados en los órganos vitales del cuerpo como riñones, huesos e hígado y se asocian a numerosos y graves trastornos de la salud humana.

El arsénico es, junto al plomo, el cadmio y el mercurio, uno de los metales pesados que forman parte del medio ambiente, bien de manera natural o fruto de la acción humana, y que tienen capacidad para entrar en la cadena alimentaria. La exposición a través de la dieta y sus efectos pueden minimizarse con estrictas medidas de control, una tarea prioritaria en las líneas de investigación internacional en materia de seguridad química de los alimentos.

En nuestro país entre los principales agentes contaminantes identificados tenemos: el plomo, mercurio, aluminio, arsénico, magnesio, manganeso, hierro, cobre, cianuro. Agregándose a estos metales pesados el dióxido de azufre, y el ácido sulfúrico (R.M. N° R.M. N° 525-2005/MINSA).³

Las normas legales sobre límites máximos permisibles a nivel mundial se va reduciendo debido a investigaciones recientes ejemplo: la legislación peruana considera 100 µg de arsénico por cada litro de agua, como el máximo nivel permisible, por su parte, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) a partir de enero del 2006 ha adoptado el nivel de 10 µg/L como nivel de contaminación máximo para aguas de consumo humano; similar a las leyes argentinas y a la Comunidad Económica Europea, por su parte, países como Chile, México, India, Taiwán y China lo estipulan en 50 µg/L⁴.

En las personas, las formas primarias de exposición al arsénico son por inhalación e ingesta de alimentos o agua, se ha demostrado en diversos grupos de edad y en distintas áreas del mundo, que este contacto crónico y en algunos casos agudo está asociado con el desarrollo de cáncer de hígado, pulmones, vejiga, piel, riñones, útero, próstata, entre otros; asimismo, problemas de salud a nivel cardiovascular, dermatológico, pulmonar, inmunológico, hepático, neurológico, reproductivo y endocrinológico, además, se ha asociado con parto prematuro, aborto espontáneo, y morbilidad neonatal e infantil, proponiéndose una relación dosis dependiente⁵.

La absorción de plomo puede constituir un grave riesgo para la salud pública dado que puede provocar un retraso del desarrollo mental e intelectual de los niños y causar hipertensión y enfermedades cardiovasculares, renales en los adultos⁶. En las embarazadas, la exposición a concentraciones elevadas de plomo puede ser causa de aborto natural, muerte fetal, parto prematuro y bajo peso al nacer, y provocar malformaciones leves en el feto⁷. Se estima que en los niños la

exposición al plomo causa cada año 600000 nuevos casos de discapacidad intelectual. La exposición al plomo se cobra cada año un total estimado de 143 000 vidas, registrándose las tasas más altas de mortalidad en las regiones en desarrollo⁸.

El plomo se distribuye por el organismo hasta alcanzar el cerebro, el hígado, los riñones y los huesos y se deposita en dientes y huesos, donde se va acumulando con el paso del tiempo. Para evaluar el grado de exposición humana, se suele medir la concentración de plomo en sangre. No existe un nivel de exposición al plomo que pueda considerarse seguro. La intoxicación por plomo es totalmente prevenible.

Los metales pesados procedentes de la actividad industrial penetran en el suelo por deposición o como dispersión directa, que actúa como vector para la contaminación de las aguas y el suelo; pasa a los vegetales y animales siguiendo la cadena alimenticia a los humanos, las plantas absorben arsénico o plomo bastante fácil, entre las principales fuentes de contaminación ambiental destacan la explotación minera, la metalurgia, las actividades de fabricación y reciclaje y, en algunos países, el uso persistente de pinturas y gasolinas con plomo. Más de tres cuartas partes del consumo mundial de plomo corresponden a la fabricación de baterías de plomo-ácido para vehículos de motor⁹.

HIPÓTESIS

Las concentraciones de arsénico y plomo en jugo de “caña de azúcar” comercializados en Lima Metropolitana sobrepasan los límites máximos permitidos por la OMS, FAO y Codex Alimentarius.

OBJETIVO GENERAL

Determinar la presencia y la concentración de arsénico y plomo en jugo de “caña de azúcar” en Lima Metropolitana por Espectroscopía de Absorción Atómica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la concentración de plomo en jugo de “caña de azúcar” por método de Espectrofotometría de Absorción Atómica con horno de grafito.
- Determinar la concentración de arsénico en jugo de “caña de azúcar” por método de Espectrofotometría de Absorción Atómica por generador de hidruros.
- Verificar si la concentración de plomo en jugo de “caña de azúcar” se encuentra dentro del Límite máximo permitido según OMS, FAO y Codex Alimentarius.
- Verificar si la concentración de arsénico en jugo de “caña de azúcar” se encuentra dentro del Límite máximo permitido según OMS, FAO y Codex Alimentarius.
- Evaluar si la concentración de arsénico y plomo en jugo de caña de azúcar varía con el tiempo de exposición al medio ambiente.

I. MARCO TEÓRICO

IA. CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*)

1A.1 Origen

La caña (*Saccharum officinarum*) tiene su origen genético en Nueva Guinea. Según Edgerton (1958) la caña de azúcar es nativa de las regiones subtropicales y tropicales del sudeste asiático. Alejandro Magno la llevó de la India hacia Persia, mientras los árabes la introdujeron en Siria, Palestina, Arabia y Egipto, de donde se extendió por todo el continente africano y a la Europa meridional. Cristóbal Colón introdujo la caña en América en su segundo viaje (1493) a la Isla de La Española, cañas que no prosperaron. Tan sólo en 1501 fueron introducidas plantas que sí crecieron. El éxito de las plantaciones de azúcar en el Santo Domingo llevó a su cultivo a lo largo del Caribe y América del Sur.¹⁰

1A.2 Cultivo en el Perú

La caña de azúcar en el Perú es cultivada en la costa, sierra y selva y se siembra y cosecha durante todo el año. El mayor uso industrial de la caña de azúcar es para la producción de azúcar. De las hectáreas sembradas con caña corresponde el 65 % a los 10 ingenios azucareros y el 35 % restante a los sembradores particulares. Con el reflatamiento de la industria azucarera en el Perú, el cultivo de la caña de azúcar ha experimentado un impulso notable, siendo el año 2009 el año de mayor producción, cosechándose 75,348 ha. La superficie cosechada se concentra en la zona norte como La libertad y Lambayeque.

En la sierra existen valles donde se siembra caña de azúcar pero no se cuenta con información fidedigna sobre la superficie cosechada destinada a la producción de chancaca, aguardiente, panela, miel y para consumo humano como fruta. Las zonas que más producen caña de azúcar es Cajamarca en las provincias de Cutervo y Chota. En la región de la selva, en San Martín es una región cañera, lamentablemente con bajos rendimientos, estos rendimientos se pueden incrementar con aplicaciones de buena semilla, adecuada preparación de tierras, control de malezas, plagas y enfermedades.¹¹

Producción Nacional

La producción nacional en el año 2006 es aún baja respecto al año 2003, llegando a un nivel de aproximadamente 7.2 millones de toneladas. Esta caída fue más notoria en el año 2005 cuya producción fue de 6.3 millones de toneladas, en el período 2000-2006.

La superficie cosechada de caña de azúcar subió pasando de 64 mil has., en el año 2000 a 77 mil has., en el año 2003 y luego bajó a 66 mil has., en el 2006. Sin embargo en el año 2001 llegó a solamente 60 mil has., siendo la más baja del periodo 2000-2006. En el año 2007 se incrementa en 4 % con respecto al año anterior, cosechándose 68,491 ha., en el año 2008 se cosecharon 69,127 ha., incrementándose el 0.93 % con respecto al año 2007 y en el 2009 se cosecharon 75,348 ha., con un aumento de 8.99 % con respecto al año anterior¹¹. Un aspecto a resaltar es la participación de los sembradores independientes, es decir aquellos agricultores que siembran la caña en campos que no son de las empresas agroindustriales.

Tabla N°1. Cosecha y producción nacional de “caña de azúcar” en el Perú

SUPERFICIE COSECHADA – PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTO DE CAÑA DE AZÚCAR			
AÑO	SUPERFICIE COSECHADA Ha.	PRODUCCIÓN T.	RENDIMIENTO T/Ha.
1999	58,127	6,278.6	108.02
2000	63,808	7,135.2	111.821
2001	60,373	7,386.0	122.339
2002	68,050	8,419.8	123.73
2003	77,720	8,864.0	114.03
2004	70,851	6,945.7	98.03
2005	61,549	6,304.1	102.42
2006	65,847	7,245.8	102.50
2007	68,491	8,283.6	121.09
2008	69,127	9,396.0	135.92
2009	75,348	10,100.1	131.88

Fuente: Ministerio De Agricultura PERÚ 2010

**Tabla N°2. Consumo Nacional de Productos que conforman la
Canasta Mínima Alimentaria (1998-2007)**

Productos	1998	1999	2000	2001	2002
Cereales y derivados					
Maíz amarillo duro	109 449	86 123	80 943	88 827	90 142
Trigo	94 342	30 935	120 117	129 009	87 340
Arroz pilado	1 247 532	1 418 856	1 341 788	1 406 580	1 438 407
Harina de trigo	118 872	59 394	77 120	89 745	81 144
Raíces y tubérculos					
Camote	157 871	175 349	176 058	182 068	160 266
Yuca	608 067	605 116	608 932	591 360	614 187
Papa	1 554 622	1 860 732	2 093 454	1 595 390	2 078 962
Cultivos azucareros y derivados					
Caña de azúcar	50 088	61 874	63 484	10 379	24 202
Azúcar rubia	432 203	483 540	468 627	509 373	580 287
Legumbres y derivados					
Frijol	55 144	56 392	56 327	47 863	50 236
Haba	27 106	29 565	36 566	33 501	36 276
Cultivos oleaginosos					
Aceituna	5 874	6 853	13 988	15 405	15 744
Soya grano	23 337	14 081	30 312	63 861	74 730
Hortalizas y derivados					
Cebolla	231 004	262 198	283 397	297 778	328 817
Choclo	116 715	136 551	145 217	144 819	156 651
Tomate	150 699	140 081	210 797	159 021	109 875
Espárrago en conserva	214	143	57	188	152

Fuente: Canasta Mínima Alimentaria INEI 2013

Tabla N°3. Principales productos consumidos en el Perú (TN)

Principales productos	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Subsector agrícola							
Industriales							
Caña de azúcar	7 245,8	8 228,6	9 396,0	9 936,9	9 857,9	9 884,9	10368,9
Café	273,2	226,0	273,8	243,5	279,2	331,5	303,3
Algodón rama	213,4	215,4	167,4	96,0	63,8	122,0	111,4
Uva	191,6	196,6	223,4	264,4	280,5	296,4	365,1
Aceituna	52,5	52,4	114,4	7,2	75,0	73,1	92,5
Cacao	31,5	31,4	34,0	36,8	46,6	55,0	57,9
Té	4,8	3,6	4,0	3,2	3,2	3,2	3,4
café	53,7	21,6	9,6	6,8	7,3	23,6	42,1
Palma aceitera	236,4	238,4	246,4	268,3	291,8	361,7	515,5
Achiote	5,6	5,1	3,7	4,5	4,2	4,6	5,1
Orégano	6,1	7,2	9,6	11,2	11,4	12,1	11,6
Cereales							
Arroz cáscara	2 363,5	2 435,1	2 794,0	2 991,2	2 831,4	2 624,0	3 019,3
Maíz amarillo duro	1 019,8	1 122,9	1 231,5	1 273,9	1 283,6	1 258,8	1 399,9
Maíz amiláceo	249,2	245,3	249,4	285,8	257,6	255,6	279,4
Trigo	191,1	181,6	206,9	226,3	219,5	214,1	226,1

Fuente: INEI 2013

1A.3 Aspectos Botánicos de Caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

Ubicación sistémica

TAXONOMÍA DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*)

Reino: Plantae,

División: Magnoliophyta,

Clase: Liliopsida,

Subclase: Commelinidae

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Subfamilia: Panicoideae

Tribu: Andropogoneae

Género: *Saccharum*

Especie: *Saccharum officinarum*

La sistemática fue revisada y corregida bajo la dirección del Mg. Raúl Soria López, Jefe del Laboratorio de Farmacobotánica del Departamento Académico de Farmacología, Bromatología y Toxicología de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos 2013

Características de la familia

La caña posee alta eficiencia fotosintética (la cuota oscila entre 150 y 200% sobre la media de otras plantas). Es un cultivo duradero y muy autocompatible. Según variedad y condiciones locales. Tiene un tallo macizo de 2 a 5 metros de altura con 5 ó 6 cm de diámetro. El sistema radicular lo compone un robusto rizoma subterráneo; puede propagarse por estos rizomas y por trozos tallo. El contenido de azúcar (sacarosa) oscila entre 11 y 16%.

Cultivo Plurianual Se corta cada 12 meses, y la plantación dura 5 años aproximadamente.

Exigencias del cultivo La caña de azúcar no soporta temperaturas inferiores a 0 °C, aunque alguna vez puede llegar a soportar hasta -1 °C, dependiendo de la duración de la helada. Para crecer exige un mínimo de

temperaturas de 14 a 16 °C. La temperatura óptima de crecimiento parece situarse en torno a los 30 °C., con humedad relativa alta y buen aporte de agua.¹² Se adapta a casi todos los tipos de suelos, vegetando mejor y dando más azúcar en los ligeros, si el agua y el abonado es el adecuado. En los pesados y de difícil manejo constituye muchas veces el único aprovechamiento rentable. Únicamente en suelos ácidos, Los suelos muy calizos a veces dan problemas de clorosis.

Variedades Las principales variedades de azúcar que se cultivan en el Perú son 18. Estas variedades, difieren en características como brotamiento, formación de macollo, crecimiento, acamamiento, riqueza de pol. y capacidad soquera. Las variedades de brote más rápido son la H44 - 3098, H50 - 7209, H52 - 4610, H55 – 8248. Las variedades más cultivadas son la H32 – 8560, H37 – 1933 y la P12 - 745 (Azul de Casa grande)

Tabla N°4. Variedades de “caña de azúcar” en el Perú

Variedad de Caña	Brotamiento
H32 – 8560	Moderado
H37 – 1933	Moderado
H38 – 2915	Moderado
H39 – 5803	Lento
H44 – 3098	Rápido
H49 – 104	Moderado
H50 – 2036	Moderado
H50 – 7209	Rápido
H51 – 8194	Moderado
H52 – 4610	Rápido
H54 – 2508	Moderado
H55 – 8248	Rápido
H57 – 5174	Rápido
PCG57 – 0497	Lento
Lar52 – 604	Lento

Fuente: MINAG – DGIA

Abonado

Aunque hoy en día es poco normal, se solía echar una estercoladura de 60-100TM/HA. En fondo: 100 kg de P_2O_5 , 250 kg de K_2O y N (nitrógeno) variable según haya sido la estercoladura. Si no hubiera existido ésta se echarían 100 kg de N.

En cobertera

200 ó 300 kg de N (Nitrógeno) en dos o tres aplicaciones durante el verano y otoño. Hoy en día por resultados obtenidos en campos de ensayos se tiende a rebajar las dosis de fósforo y potasio.

Calendario de siembra y cosecha

La producción de caña de azúcar no tiene una estacionalidad definida por tanto la siembra y la cosecha se realiza durante todo el año, permitiendo que los ingenios azucareros estén abastecidos permanentemente de caña. Esta característica no permite planificar una zafra.

Descripción botánica

La caña de azúcar es una gramínea tropical, un pasto gigante emparentado con el sorgo y el maíz en cuyo tallo se forma y acumula un jugo rico en sacarosa, compuesto que al ser extraído y cristalizado en el ingenio se forma el azúcar. La sacarosa es sintetizada por la caña con la energía tomada del sol durante la fotosíntesis, constituye el cultivo de mayor importancia desde el punto de vista de la producción azucarera, además representa una actividad productiva y posee varios subproductos, entre ellos la producción de energía eléctrica derivada de la combustión del bagazo, alcohol de diferentes grados como carburante o farmacéutico.¹³

La raíz

Es de tipo fibroso, conocida en la industria azucarera latinoamericana como cepa, se extiende hasta 80 cm de profundidad cuando los suelos son profundos, el 80% de la misma se encuentra regularmente en los primeros 35 cm del suelo. La raíz es una parte esencial de la planta ya que permite la absorción de nutrientes y agua, además del anclaje de la planta, especialmente necesario en plantaciones cosechadas mecánicamente, ya que la cosechadora remueve las raíces cuando éstas son muy superficiales y cuando están asociadas con suelo arenoso.

El tallo

La parte esencial para la producción de azúcar lo constituye el tallo, dividido en nudos y entrenudos. El largo de los entrenudos puede variar

según las variedades y desarrollo de la planta, está compuesto por una parte sólida llamada fibra y una parte líquida, el jugo, que contiene agua y sacarosa. En ambas partes también se encuentran otras sustancias en cantidades muy pequeñas. La proporción de cada componente varía de acuerdo con la variedad de la caña, edad, madurez, clima, suelo, método de cultivo, abonos, lluvias, riegos, etc.

La sacarosa del jugo es cristalizada en el proceso industrial como azúcar y la fibra constituye el bagazo una vez molida la caña, otros constituyentes en cantidades secundarias pero no menos importantes en la caña de azúcar.

La hoja

Es en forma de vaina, su función principal es proteger a la yema, nace en los entrenudos del tallo. A medida que la caña se desarrolla, las hojas bajas se vuelven senescentes, se caen y son reemplazadas por las que aparecen en los nudos superiores. También nacen en los nudos las yemas que bajo ciertas condiciones especiales pueden dar lugar al nacimiento de una nueva planta.

La inflorescencia

La inflorescencia es una panícula de forma y tamaño variables, características de cada cultivar o variedad usado, las flores son hermafroditas completas. La manipulación sexual o por semillas se utiliza solamente en programas de mejoramiento, para la obtención de híbridos más productivos, resistentes a ciertas plagas y enfermedades o adaptables a una región específica.

1A.4 Composición química del jugo de caña de azúcar

La caña está constituida principalmente por jugo y fibra, siendo la fibra la parte insoluble en agua, especialmente celulosa, hemicelulosa y lignina. La caña de azúcar presenta un alto contenido de azúcares solubles, específicamente sacarosa, que contempla los azúcares reductores como la glucosa y la fructosa y otras sustancias orgánicas e inorgánicas.

La glucosa es un componente normal de la Caña de Azúcar en cualquier fase de desarrollo de la planta, encontrándosele en el jugo en mayor o menor cantidad. La fructosa o levulosa se encuentran en mayores concentraciones en cañas que aún no alcanzan su madurez fisiológica y disminuye conforme este estado avanza y la planta madura.

Las otras sustancias orgánicas están representadas por sustancias como: materias nitrogenadas (proteínas, aminoácidos, amidas, etc.), grasas y

ceras, pectinas, ácidos libres y combinados (málico, succínico, oxálico, etc.)

Las sustancias inorgánicas que representan las cenizas, tienen como componentes principales: Sílice, Potasio, Fósforo, Calcio, Sodio, Magnesio, Azufre, Hierro, Aluminio, Cobre, Zinc, etc. En este caso, el Potasio es el mineral que aparece en mayor proporción entre el contenido mineral del jugo, debido a su elevada solubilidad en agua¹⁴.

Tabla N°5: Composición química de la parte insoluble de “caña de azúcar”

Fracciones	% MS
Materia seca	29
Cenizas	5
Lignina	7
Celulosa	27
Hemicelulosa	20
Azúcares solubles	40
Proteína bruta, Nx6.25	2

Fuente: Cuarón y Shimada 2000

La fracción soluble de la caña se separa fácilmente del resto de la planta a través de un proceso de molienda, que alcanza una eficiencia hasta 97% en molienda industrial, y 50% cuando se aplican técnicas artesanales. Ésta fracción es una fuente básicamente energética en estado líquido de difícil conservación por su rápida fermentación, y se denomina jugo o guarapo de caña.

Tabla N° 6. Concentración química del jugo de caña de azúcar en 100ml

Componentes	Porcentaje	
1.Agua	73-76	
2.Sólidos	24-27	
*Fibras(seca)	11-16	
*Sólidos solubles	10-16	
3.Componentes del jugo de caña de azúcar		Porcentajes de sólidos solubles
a)Azúcares	75-92	
*Sacarosa		78-88
*Glucosa		2-4
*Fructosa		2-4
b) Sales	3-7.5	
*De ácidos inorgánicos		1.5-4.5
*De ácidos orgánicos		1.3
c)Ácidos orgánicos libres	0.5-2.5	
*Ácidos carboxílicos		0.1-0.5
*Aminoácidos		0.5-2
4.Otros no azúcares orgánicos		
*Proteínas		0.5-0.6
*Almidón		0.001-0.050
*Gomas		0.30-0.60
*Ceras,grasas fosfátidos		0.05-0.15
*No azúcares identificados		3-5

Fuente: PHILIP, A., Sugar from cane. Caribbean Science Readers.

Tabla N° 7. Constituyentes químicos del jugo de caña de azúcar

CONSTITUYENTE QUÍMICO	PORCENTAJE
En los tallos	
Agua	73-76
Sólidos	24-27
-sólidos solubles(brix)	10-16
-fibras(seca)	11-16
En el jugo	
Azúcares	
-sacarosa	75-92
-glucosa	70-88
-fructosa	2-4
Sales	
-inorgánicos	3.0-3.4
-orgánicos	1.5-4.5
Ácidos orgánicos	1-3
Aminoácidos	1.5-5.5
Otros no azúcares	
-proteína	0.5-0.6
-almidón	0.001-0.050
-gomas	0.3-0.6
-ceras, grasas,etc	0.15-0.50
-compuestos fenólicos	0.10-0.80

Fuente:Meade y Chen,1997

1A.5 Valores nutricionales del jugo de la caña de azúcar

De la composición de la Caña, el 99% corresponde a los elementos Hidrógeno, Carbono y Oxígeno. Su distribución en el tallo es de aproximadamente un 74,5% de agua, 25% de Materia Orgánica y 0,5% de Minerales .El jugo de caña contiene entre 15 y 20% de sólidos totales , de los cuales alrededor del 80% son azúcares solubles, principalmente sacarosa . Por otra parte, Donzele et al (1986a, b) han informado valores de energía bruta de 3 850 kcal/kg MS, energía digestible de 3 670 kcal/kg MS y energía metabolizable, de 3 540 kcal/kg MS, con 21% de MS y 14.8% de sacarosa.¹⁵

Tabla N°8. Principales componentes nutricionales del tallo de caña de azúcar.

Componentes	% del tallo
Agua	70-75
Sacarosa	8-15
Fibra	11-16

Fuente: Perafán, 2002.

Tabla N°9. Otros constituyentes nutricionales de la caña presentes en el jugo.

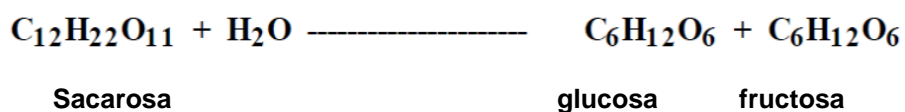
Componentes	% jugo
Glucosa	0.2-0.6
Fructosa	0.2-0.6
Sales	0.3-0.8
Ácidos orgánicos	0.1-0.8
Otros	0.3-0.8

Fuente: Perafán, 2002.

1A.6 Reacciones químicas en el jugo de caña de azúcar

Sacarosa, cuya fórmula química es $C_{12}H_{22}O_{11}$, disacárido formado por una molécula de glucosa y una de fructosa, que se obtiene principalmente de la caña de azúcar es abundante en el jugo y puede alterarse por muchos mecanismos químicos

La Sacarosa se Hidroliza con facilidad en soluciones ácidas según la siguiente reacción:



A esta reacción Hidrolítica se le aplica generalmente el nombre de Inversión y los Monosacáridos: Glucosa y fructosa producidas reciben el nombre de azúcares reductores

Reacciones químicas de algún constituyente químico de jugo de caña de azúcar

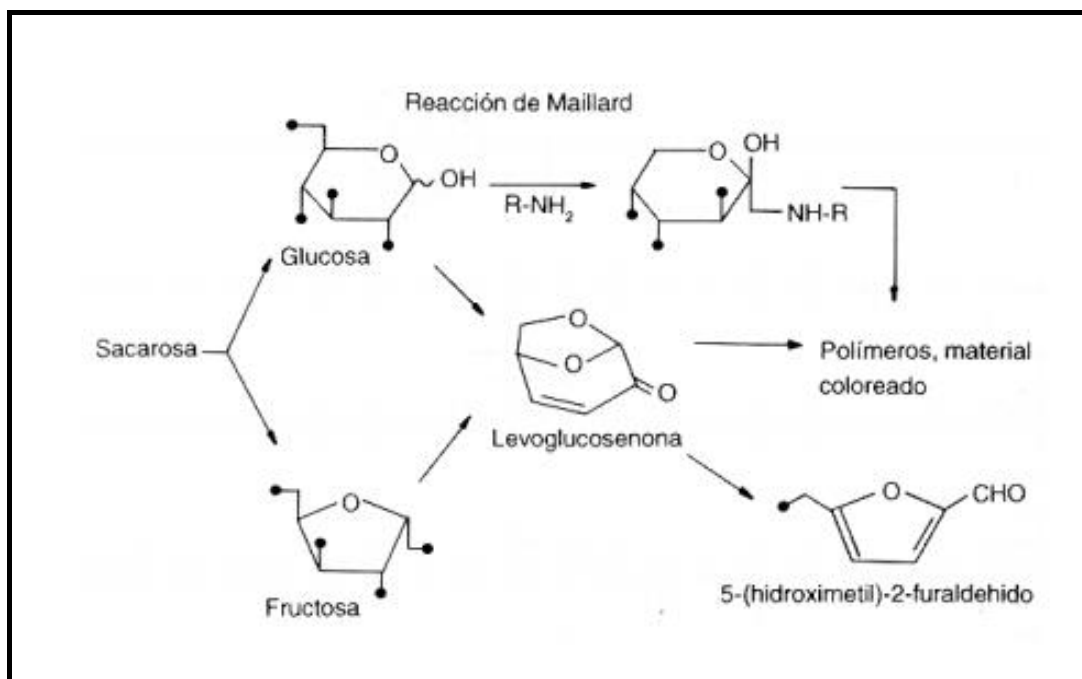


Figura N°1. Posibles vías de la termólisis de la sacarosa y formación de melanoidinas durante el procesamiento de la caña de azúcar

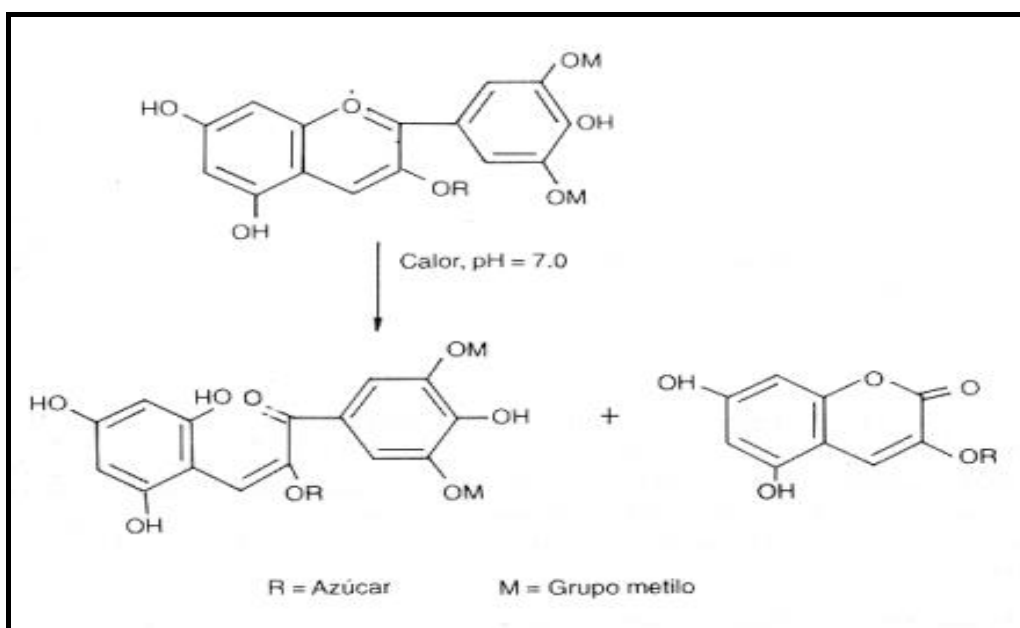


Figura N°2. Descomposición térmica de las antocianinas presentes en la caña de azúcar

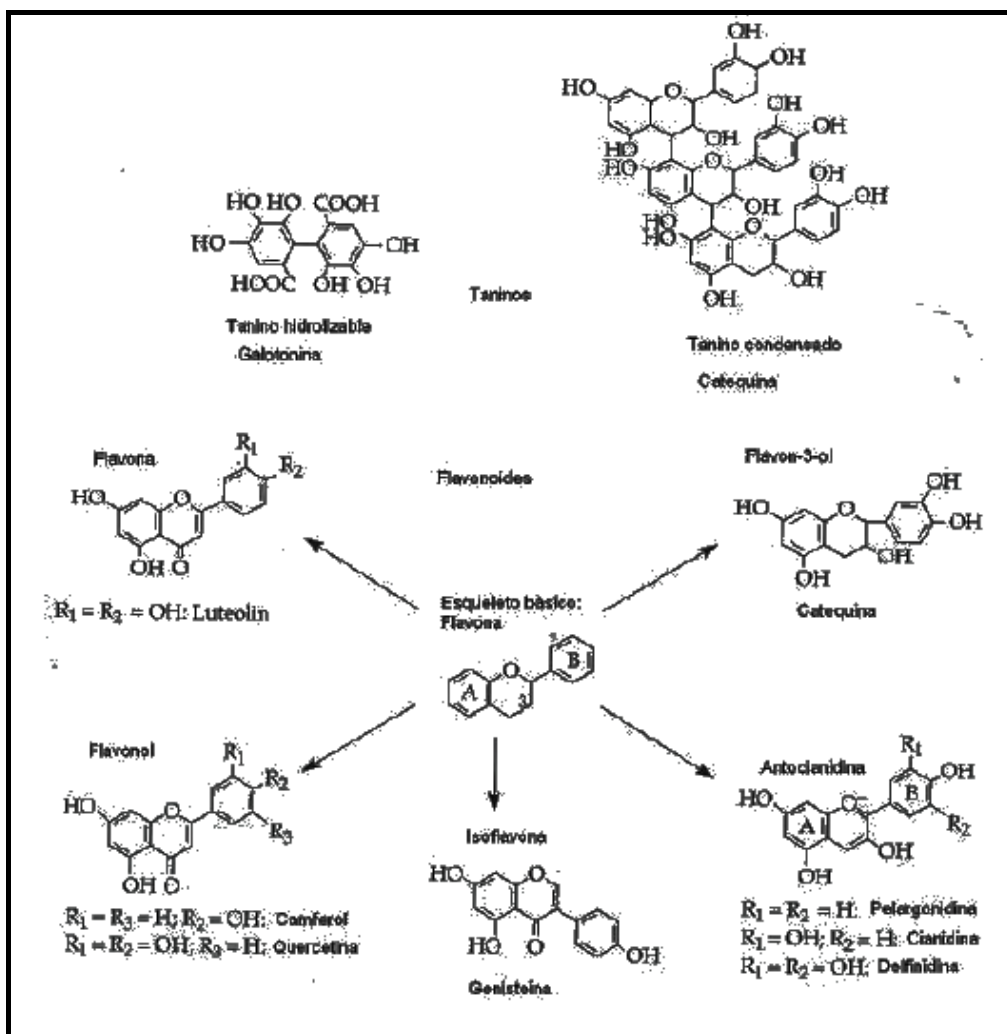


Figura N°3. Compuestos de defensa taninos y flavonoides en caña de azúcar

En el género *Saccharum* se conocen cinco clases de flavonoides: antocianinas, catequinas, chalconas y flavonas, que poseen toda una estructura común $C_6C_3C_6$ con dos anillos aromáticos de carácter fenólico. Los flavonoides tienen una alta solubilidad en agua y se extraen de los tallos en la etapa de trituración. El grupo de antocianinas está constituido por pigmentos catiónicos cuyo color se torna oscuro cuando el pH disminuye, pero se descompone fácilmente a pH 7.0, originando un glicósido de coumarina incoloro. Los niveles de precursores de color (amino-nitrógenos y fenoles) o materiales pigmentados en los jugos, se relaciona con la variedad o con un déficit o estrés de la humedad pueden incrementar el contenido de cuerpos coloreados, especialmente de amino-nitrógenos.

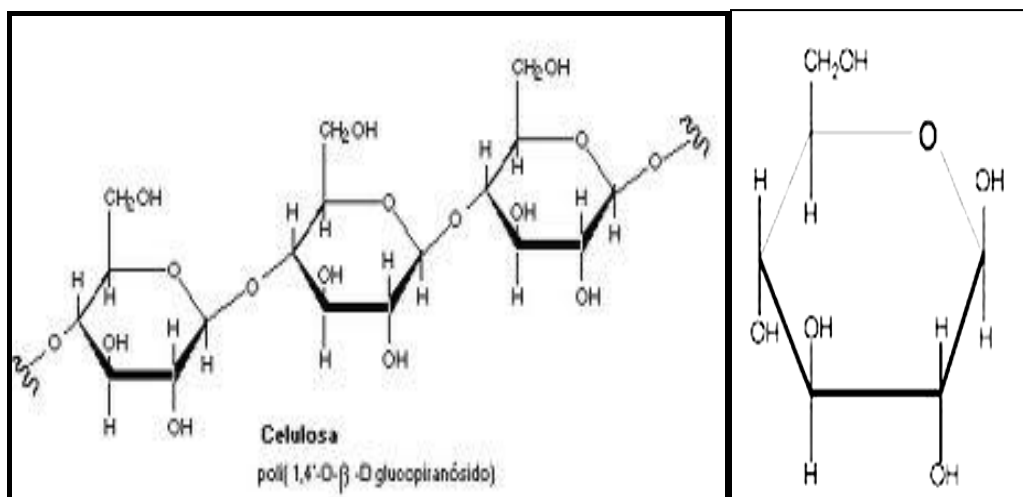


Figura N°4. celulosa, glucosa

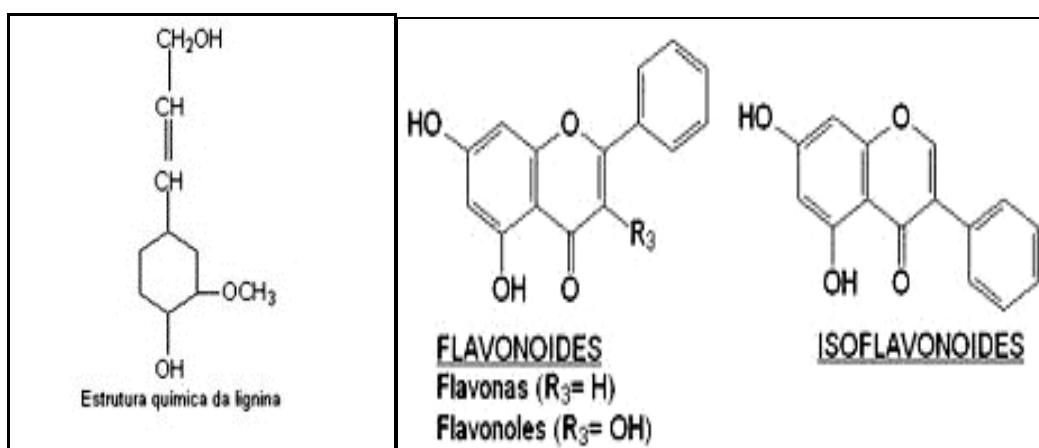


Figura N°5. Lignina, compuestos flavonoides

Clasificación de las reacciones de fermentación en el “jugo de caña de azúcar”:

La fermentación es un fenómeno que se da por la presencia de azúcares y su posterior degradación promovidas o catalizadas por microorganismos. La reproducción de los microorganismos conlleva a que la reacción tenga un comportamiento autocatalítico siendo la concentración de los microorganismos variable.

Clasificación de las reacciones de fermentación según el consumo de oxígeno

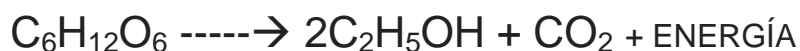
Aeróbicas

Aquí los microorganismos necesitan de oxígeno para poder sobrevivir. Por ejemplo la reacción de transformación de la glucosa



Anaeróbicas

Aquí los microorganismos no necesitan de oxígeno para su supervivencia. Por ejemplo la reacción de transformación de la glucosa por vía glucolítica



Reacciones enzimáticas: Catalizadas por enzimas, el agente catalítico no se reproduce y cuando se opera discontinuamente este permanece constante.

1A.7 Información popular

El jugo de caña es una bebida natural, muy deliciosa y cargada de muchas propiedades medicinales es comúnmente consumido en los países donde es cultivada. Esta es una bebida natural dulce y refrescante, además es rica en azúcares, sales orgánicas, varias vitaminas, hierro, calcio y potasio.¹⁶

1A.8 Beneficios para la salud

Como la azúcar cruda no contiene azúcares simples, el jugo de caña de azúcar tiene un índice glucémico relativamente bajo (el efecto que un carbohidrato tiene en los niveles de glucosa en la sangre), puede ser disfrutada por los diabéticos sin ningún problema. En los experimentos para la diabetes y la pérdida de peso, la sustitución del jugo de caña de azúcar cruda por el azúcar refinado y otros edulcorantes ha mostrado resultados positivos no sólo en la estabilización del nivel de glucosa, sino también en la pérdida de peso, por lo que los diabéticos con seguridad se puede añadir a su dieta. Sin embargo, el consumo debe ser controlado para diabéticos de tipo II. Las vitaminas y minerales naturales encontrados en la caña de azúcar son extremadamente valiosos. Fósforo, calcio, hierro, magnesio y potasio. La caña de azúcar es una sustancia alcalinizante y por lo tanto es beneficioso en la lucha contra el cáncer. Los estudios han mostrado que es eficaz en la lucha contra las células cancerígenas de la próstata y las mamas. Además, es sumamente beneficiosa para la rehidratación dado que no solo refresca el cuerpo, sino que también lo energiza con una gran cantidad de carbohidratos y proteínas útiles. Los nutrientes que se encuentran en la caña de azúcar son beneficiosos para el funcionamiento de los órganos internos, incluyendo los riñones, el corazón, el cerebro y los órganos sexuales¹⁷.

IB. ARSÉNICO

1B.1 Características fisicoquímicas

Tercer elemento del grupo VA de la tabla periódica; tiene un número atómico de 33, peso atómico de 74.92 g/mol, valencias de 3 y 5. Su abundancia promedio en la corteza terrestre es 1.8 ppm; en suelos de 5.5 a 13 ppm; en corrientes de agua menor a 2 µg/L, y en aguas subterráneas es generalmente menor 100 µg/L. Se produce naturalmente en minerales sulfurosos como la pirita. El arsénico es empleado en aleaciones con plomo, en almacenamiento de baterías, en munición, además de pesticidas y conservantes para madera. No es un elemento esencial para las plantas pero sí lo es para algunas especies animales. Para la protección de la vida acuática, la concentración promedio de As^{3+} en el agua no debe exceder 72 µg/L y la máxima 140 µg/L. La organización de alimentos y agricultura de las Naciones Unidas recomiendan un nivel máximo para aguas de irrigación de 100 µg/L. El MCL (definido por la EPA como máximo nivel permitido de un contaminante en agua potable) estándar de la U.S EPA para agua potable es 0.05mg/L.

Los compuestos de arsénico se clasifican en tres grupos:

- Compuestos con arsénico inorgánico;
- Compuestos con arsénico orgánico, y
- El gas arsina.

Tanto los compuestos orgánicos como los inorgánicos pueden tener el arsénico en forma trivalente y pentavalente.

1A.2 Límites de exposición

La exposición de niveles altos de arsénico inorgánico puede deberse a diversas causas, como el consumo de agua contaminada o su uso para la preparación de comidas, para el riego de cultivos alimentarios y para procesos industriales, así como al consumo de tabaco y de alimentos contaminados. La exposición prolongada puede causar intoxicación crónica. Los efectos más característicos son la aparición de lesiones cutáneas y cáncer de piel.^{19, 4.}

La exposición al Arsénico puede ser más alta para la gente que trabaja con Arsénico, bebe significantes cantidades de vino, vive en casas que contienen conservantes de la madera y viven en granjas donde el Arsénico de los pesticidas ha sido aplicado en el pasado.

Tabla N°10. Normas y regulaciones internacionales para el arsénico inorgánico

Organismo	Énfasis	Nivel	Comentarios
ACGIH	Aire – lugar de trabajo	10 microgramos/m ³	Advertencia; TLV/TWA†
NIOSH	Aire – lugar de trabajo	2 microgramos/m ³	Advertencia; límite tope de 15 minutos
OSHA	Aire - lugar de trabajo	10 microgramos/m ³	Norma; PEL en una jornada laboral de 8 horas
EPA	Aire - ambiente	NA	NA
	Agua – agua de bebida	10 partes por billón	Norma; nivel máximo de contaminante en los suministros públicos de agua potable
FDA	Alimentos	0.5–2 partes por millón	Norma; aplicable a los animales tratados con medicamentos veterinarios
<ul style="list-style-type: none"> • ACGIH = Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales • EPA = Agencia de Protección del Medioambiente de EE. UU. • FDA = Administración de Alimentos y Drogas de EE. UU. • NIOSH = Instituto Nacional para la Seguridad y la Salud Ocupacional • OSHA = Administración de Seguridad y Salud Ocupacional de EE. UU. ○ TLV/TWA (Valor Umbral Límite/Tiempo promedio ponderado) = concentración en un tiempo promedio ponderado, para una jornada laboral normal de 8 horas, o una semana laboral de 40 horas. Casi todos los trabajadores pueden estar expuestos a estas concentraciones. ○ PEL (Límite de Exposición Permisible) = Nivel más alto al que puede estar expuesto un trabajador durante una jornada laboral de 8 horas. 			

Fuente: OSHA Regulations (Standards-29CFR)

1B.2 Fuentes de contaminación del arsénico

Fuentes naturales

El arsénico es un elemento natural de la corteza terrestre; ampliamente distribuido en todo el medio ambiente, está presente en el aire, el agua y la tierra. En su forma inorgánica es muy tóxico.

Al arsénico se le encuentra en estado natural como mineral de cobalto, aunque por lo general está en la superficie de las rocas combinado con azufre o metales como Mn, Fe, Co, Ni, Ag o Sn. El principal mineral del arsénico es el FeAsS (arsenopirita); otros arseniuros metálicos son los minerales FeAs₂ (löllingita), NiAs (nicolita), CoAsS (cobalto brillante), NiAsS (gersdorfitita) y CoAs₂ (esmalta). Los arseniatos y tioarseniatos naturales son comunes y la mayor parte de los minerales de sulfuro contienen arsénico. La As₄S₄ (realgarita) y As₄S₆(oropimente) son los minerales más importantes que contienen azufre. El óxido, arsenolita, As₄O₆, se encuentra como producto de la alteración debida a los agentes atmosféricos de otros minerales de arsénico, y también se recupera de los polvos colectados de los conductos durante la extracción de Ni, Cu y Sn;

igualmente se obtiene al calcinar los arseniuros de Fe, Co o Ni con aire u oxígeno..

El arsénico representa una amenaza importante para la salud pública cuando se encuentra en aguas subterráneas contaminadas. Naturalmente presente en altos niveles en diversos países, entre ellos la Argentina, Bangladesh, Chile, China, la India, México y los Estados Unidos de América. Los pescados, mariscos, carnes, aves de corral, productos lácteos y cereales también pueden ser fuentes alimentarias de arsénico, aunque la exposición a través de estos alimentos suele ser muy inferior a la exposición a través de aguas subterráneas contaminadas. En el marisco, el arsénico está presente principalmente en su forma orgánica menos tóxica.

Fuentes antropogénicas

Procesos industriales

El arsénico se utiliza industrialmente como agente de aleación, y también para el procesamiento de vidrio, pigmentos, textiles, papel, adhesivos metálicos, protectores de la madera y municiones. El arsénico se emplea asimismo en los procesos de curtido de pieles, aditivos para piensos, productos farmacéuticos, pesticidas (arsenato de plomo, arsenato cálcico o arsenito sódico), como herbicidas (arsenato monosódico, ácido dimetilarstínico o ácido cacodílico), como desecante de algodón (ácido arsénico) y como conservante de madera (arsenato de cinc y cromo). Sirve también para modificar el color del vidrio, para la fabricación de vidrio ópalo y esmaltes, y para la purificación de gases industriales. El arsénico elemental se utiliza también en la fabricación de diversas aleaciones con el fin de aumentar su dureza y su resistencia al calor.

El arsénico elemental tiene pocos usos. Es uno de los pocos minerales disponibles con un 99.9999+ % de pureza. En el estado sólido se ha empleado ampliamente en los materiales láser GaAs y como agente acelerador en la manufactura de varios aparatos. Los sulfuros de arsénico se usan como pigmentos y en juegos pirotécnicos. El arseniato de hidrógeno se emplea en medicina, así como otros compuestos de arsénico. La mayor parte de la aplicación medicinal de los compuestos de arsénico se basa en su naturaleza tóxica.¹⁸

Tabaco

Las personas que fuman tabaco también pueden estar expuestas al arsénico inorgánico que contiene el tabaco natural, ya que las plantas de tabaco absorben esencialmente el arsénico presente de forma natural en el suelo. Por otro lado, el riesgo de exposición al arsénico era mucho

mayor hace unos años, cuando había costumbre de tratarlas con insecticidas a base de arseniato de plomo

Fuentes de contaminación en el ambiente general

El ciclo del Arsénico ha sido ampliado como consecuencia de la interferencia humana y debido a esto, grandes cantidades de Arsénico terminan en el Ambiente y en organismos vivos. El Arsénico es mayoritariamente emitido por las industrias productoras de cobre, pero también durante la producción de plomo y zinc y en la agricultura. Este no puede ser destruido una vez que este ha entrado en el Ambiente, así que las cantidades que hemos añadido pueden esparcirse y causar efectos sobre la salud de los humanos y los animales en muchas localizaciones sobre la tierra

Los metales pesados procedentes de la actividad industrial penetran en el suelo por deposición o como dispersión directa, que actúa como vector para la contaminación de las aguas y el suelo; pasa a los vegetales y animales siguiendo la cadena alimenticia a los humanos, las plantas absorben Arsénico bastante fácil, así que alto rango de concentraciones pueden estar presentes en la comida. Las concentraciones del peligroso Arsénico inorgánico que está actualmente presente en las aguas superficiales aumentan las posibilidades de alterar el material genético de los peces. Esto es mayormente causado por la acumulación de Arsénico en los organismos de las aguas dulces consumidores de plantas. Las aves comen peces que contienen eminentes cantidades de Arsénico y morirán como resultado del envenenamiento por Arsénico como consecuencia de la descomposición de los peces en sus cuerpos.

La mayoría de los datos indicados sobre el arsénico en los alimentos describen el contenido del total de arsénico, es decir, la suma de todas las especies de arsénico. Desde el descubrimiento de arsenobetaina en la langosta en 1977, se han señalado más de 50 compuestos de organoarsénico en los organismos marinos, muchos de los cuales se utilizan como alimentos. No obstante, la mayoría de esos compuestos no suele indicarse, o se da solamente a nivel de vestigio. Efectuar análisis que proporcionen información sobre el tipo de arsénico (es decir especie de arsénico) es mucho más difícil y hay relativamente pocos laboratorios que puedan proporcionar esos datos. Sin embargo, esos datos son cada vez más importantes debido a que distintos alimentos pueden contener tipos distintos de especies de arsénico y porque esas especies tienen toxicidades muy diferentes.

El arsénico inorgánico en el medio ambiente comprende especies en el estado de oxidación +3 ó +5 principalmente, presentes como tiocomplejos o, fundamentalmente, como los oxoaniones arsenito y arseniato. Los

analitos (es decir las especies que se miden realmente) suelen ser arsenito y arseniato, y los datos suelen registrarse como estas dos especies. Del mismo modo, en muestras de alimentos el arsénico inorgánico suele indicarse como arsenito y arseniato pese a que en el mismo alimento está probablemente ligado a tiogrupos en péptidos o proteínas. Las concentraciones del total de arsénico de los productos alimenticios de origen terrestre son generalmente bajas, por lo que su contenido de arsénico inorgánico es también bajo. El arroz, sin embargo, parece ser una excepción porque contiene cantidades importantes de arsénico inorgánico, con concentraciones entre 0,1 mg y 0,4 mg de arsénico/kg de masa seca y a veces mucho más elevadas (Sun et al., 2008; Meharg et al., 2009). Pese a que el pescado y otros mariscos tienen un elevado contenido total de arsénico (normalmente 2 mg - 60 mg de arsénico/kg de masa seca, SCOOP, 2004; Julshamn et al., 2004), sus niveles de arsénico inorgánico son normalmente <0,2 mg de arsénico/kg de masa seca (Edmonds y Francesconi, 1993; Sloth et al., 2005; Sirot et al., 2009). Si bien hay algunas excepciones notables.

Por ejemplo, el alga marina comestible hijiki (*Hizikia fusiforme*, denominada también hiziki), puede contener arsénico inorgánico (presente como arseniato) a concentraciones >60 mg/kg (FSA, 2004), y en el mejillón azul (*Mytilus edulis*) se han encontrado concentraciones de arsénico inorgánico que llegan hasta 30 mg/kg de masa seca (Sloth y Julshamn, 2008). El contenido de arsénico de varios alimentos se debate pormenorizadamente

Efectos ambientales del Arsénico.

La exposición a metales pesados en determinadas circunstancias es la causa de la degradación y muerte de vegetación, ríos, animales e, incluso, de daños directos en el hombre. Hoy día se conoce mucho más sobre los efectos de estos elementos, cuya exposición está relacionada con problemas de salud como retrasos en el desarrollo, varios tipos de cáncer, daños en el riñón, e, incluso, con casos de muerte. Los metales pesados son peligrosos porque tienden a bioacumularse, desde el punto de vista biológico, los metales pesados están recibiendo gran atención debido a su potencial toxicidad. Aunque no suelen abundar en estado natural, salvo en zonas localizadas, por su interés industrial, la acumulación de residuos y concentración en los fangos de depuradoras están generando una notable creciente contaminación antropogénica de la biosfera

En el ambiente, el arsénico se encuentra a concentraciones elevadas en ciertos alimentos marinos (peces y mariscos) y en alimentos obtenidos de áreas sometidas a tratamiento con arsénico (insecticidas y herbicidas); en

las aguas naturales, la concentración es muy variable, dependiendo del terreno y, por supuesto, de la existencia de posibles fuentes de contaminación. Lógicamente, las fábricas de fundición, la combustión de la hulla y las fábricas de insecticidas u otros productos que contengan arsénico constituyen focos de particular peligro de exposición, ya que el arsénico puede acceder por vía inhalatoria y depositarse a lo largo de la mucosa de las vías respiratorias y penetrar después en el organismo.

1B.4 Principales grupos de riesgo

Los grupos poblacionales en riesgo de una sobre-exposición al arsénico incluyen a

- trabajadores industriales.
- personas que trabajan con madera tratada con arsenatocromado de cobre.
- personas que consumen agua de pozos privados que tienen altos niveles de arsénico, en determinadas áreas geográficas.
- el feto de una madre que ha estado expuesta al arsénico.

1B.5 Toxicocinetica

Absorción: es digestiva, cutánea y pulmonar. Los compuestos de arsénico orgánicos se absorben mejor que los inorgánicos, y los pentavalentes (As^5) mejor que los trivalentes (As^3).

Distribución: el arsénico tiene una vida media de 10 horas en el organismo. Se fija en el hígado, el riñón, la pared gastrointestinal y el bazo; también se fija a la piel y anexos cutáneos (mediante grupos -SH unidos a queratina. Atraviesa la placenta (y se fija a ella), por lo que puede afectar al feto.

Metabolismo: el arsénico se metila a monometilarsínico y dimetilarsínico.

El arsénico se absorbe en el torrente sanguíneo a nivel celular y se incorpora en glóbulos blancos, glóbulos rojos, y otras células que reducen el arsenato a arsenito

Es necesario que el arsenato (As V) se reduzca a arsenito (As III) antes que pueda ocurrir la metilación. Esta reacción requiere del glutatión. (Una parte del arsenito (As III) es metilada en el hígado por la transferencia enzimática del grupo metilo de la S-adenosilmetionina que forma el arsenato de metilo (MMA V) y el arsenato de dimetilo (DMA V)

Los metabolitos resultantes de este proceso pueden ser excretados con mayor facilidad.

Excreción: se elimina por orina (donde se puede detectar hasta 10 días tras el cese del contacto), pero también por las heces, el sudor, la piel descamada, pelo, uñas y la leche materna

Los seres humanos excretan una mezcla de arsénico inorgánico, arsénico monometilado y arsénico dimetilado (pero no de arsénico trimetilado). Los metabolitos pentavalentes MMA (V) y DMA (V) son menos tóxicos que los arsenitos o los arseniatos

- Cerca del 50% del arsénico excretado en la orina humana es arsénico dimetilado, el 25% es arsénico monometilado, y el resto es arsénico inorgánico. No obstante, puede haber variaciones individuales en estos porcentajes.^{21, 32}

La figura N°6 resume y explica la toxicocinetica del arsénico

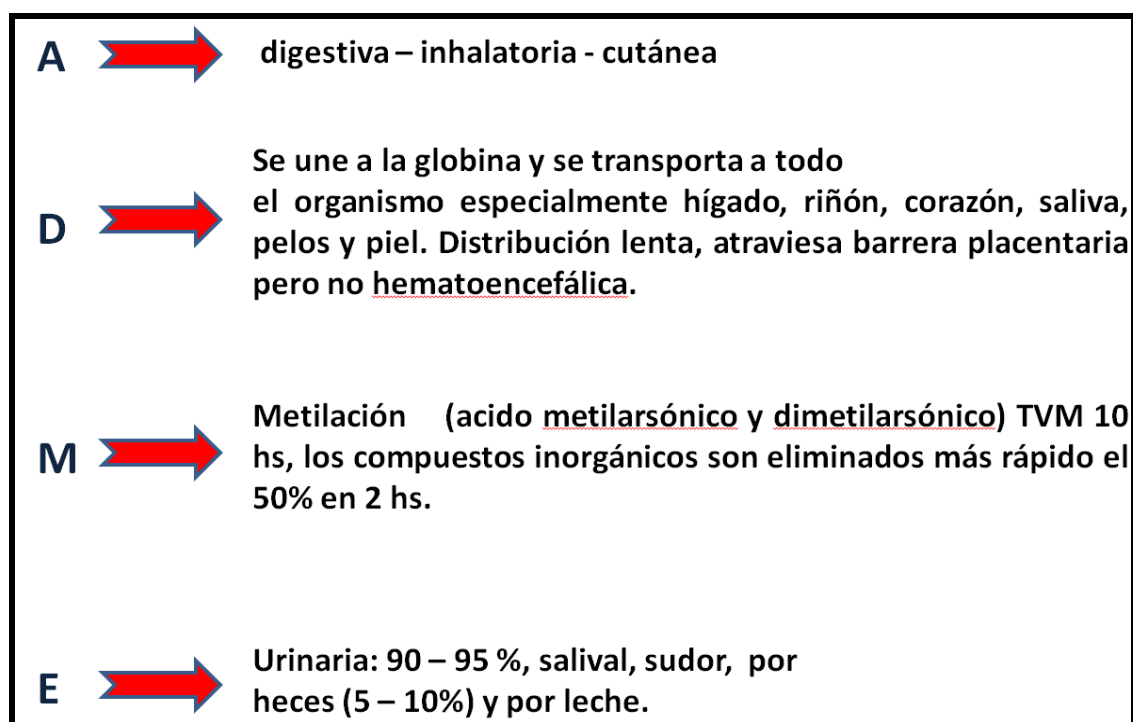


Figura N°6: Toxicocinetica del arsénico

1B.6 Toxicodinamia

El As^{+3} es más tóxico que el As^{+5} las dianas de toxicidad del arsénico son proteínas, muchas de ellas con actividad enzimática, afectando a diversos procesos bioquímicos, membranas celulares y orgánulos. Los

efectos tóxicos del arsénico se ejercen, salvo pocas excepciones, por interacción entre el ion metálico libre y la diana son tóxicos que afectan gravemente a funciones celulares fundamentales para su supervivencia por mecanismos complejos, no siempre bien conocidos. Entre ellos destacan

- interacción con metales esenciales por similitud electrónica
- formación de complejos metal-proteína con activación de su función
- inhibición enzimática de proteínas con grupos SH-
- Afectación de orgánulos celulares: mitocondrias ,lisosomas microtúbulos

El arsénico inhibe el dihidrolipoato, un cofactor necesario de la piruvato deshidrogenasa. Esta inhibición bloquea el ciclo de Krebs interrumpiendo la fosforilación oxidativa. El arsénico también inhibe la transformación de la tiamina a acetil-CoA y succinil-CoA.²¹

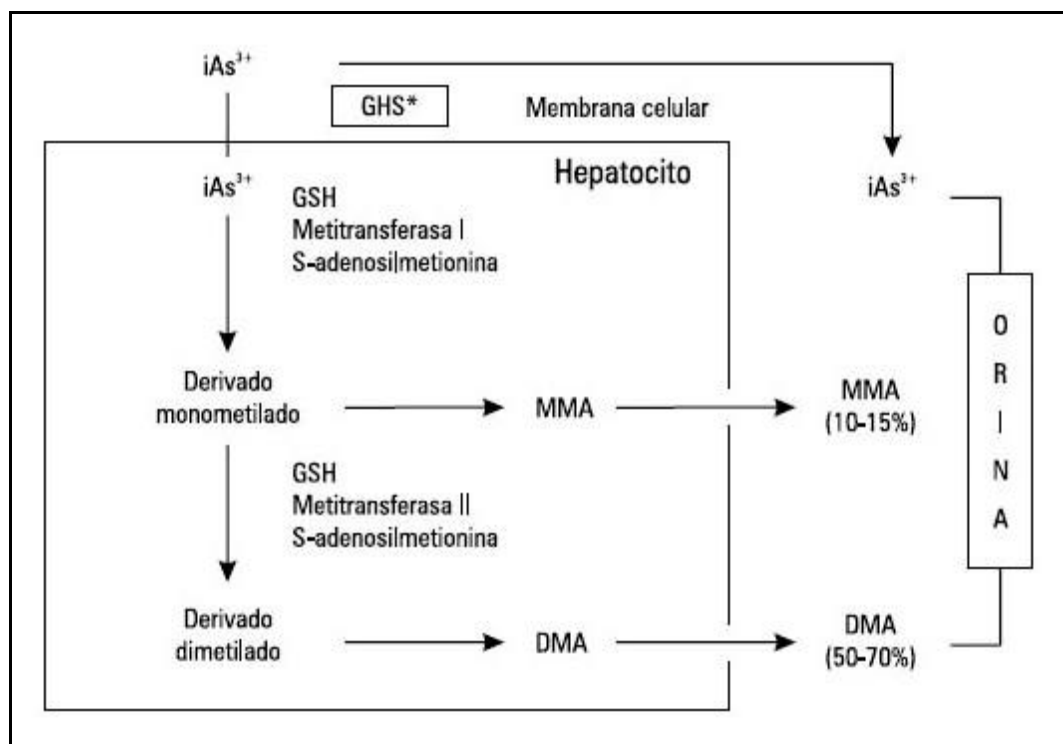
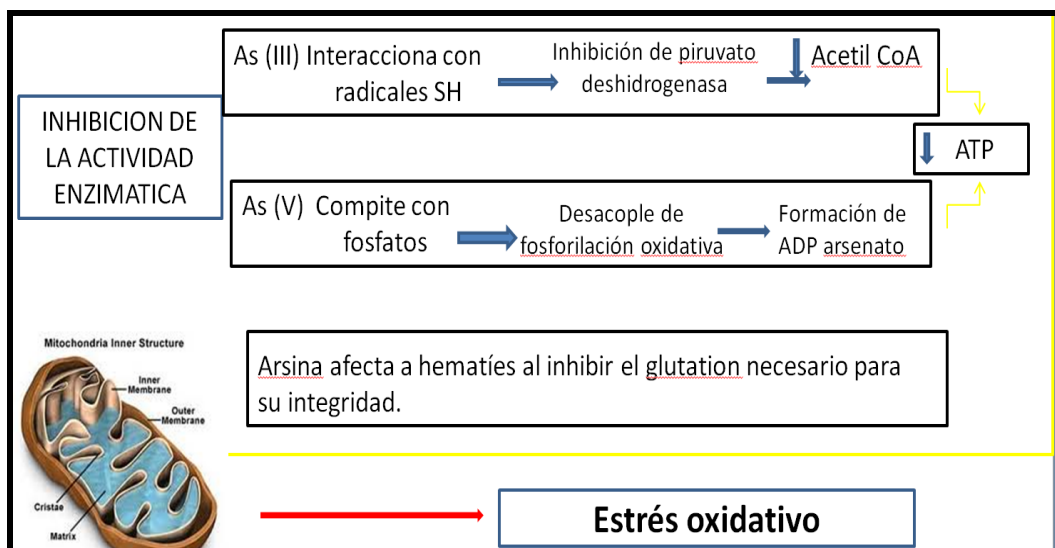


Figura N°7: Biotransformación del arsénico inorgánico GSH*=Glutathione Sulfhidrilol



FiguraN°8: Mecanismo de acción arsénico

Dosis toxica

La dosis letal para el trióxido de arsénico es de unos 120 mg y para los compuestos orgánicos oscilan entre 0.1 y 0.5 g/Kg.²²

Se ha establecido la carcinogenicidad del arsénico en los seres humanos.

Tabla N°11: El arsénico inorgánico es un carcinógeno humano (IARC 2004).

Agencia	Clasificación de Carcinogenicidad	Descripción
Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC)	1	Carcinógeno humano conocido
Programa Nacional de Toxicología	--	Carcinógeno humano conocido
Agencia para la Conservación del Ambiente (EPA)	Grupo A	Carcinógeno humano conocido

Fuente: World Health Organization (WHO).

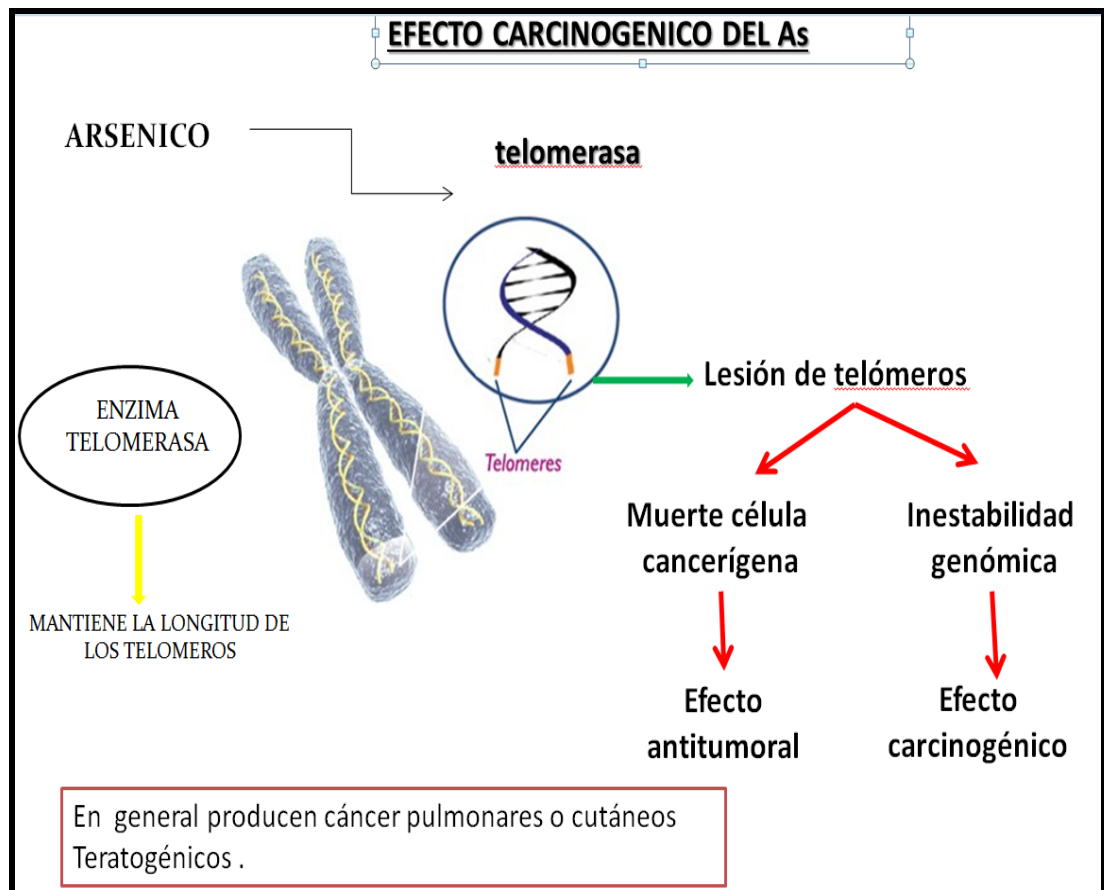


Figura N°9: Efecto de carcinogénico del arsénico.

1B.7 Manifestaciones clínicas

La exposición al Arsénico inorgánico puede causar varios efectos sobre la salud, como es irritación del estómago e intestinos, disminución en la producción de glóbulos rojos y blancos, cambios en la piel, e irritación de los pulmones. Es sugerido que la toma de significantes cantidades de Arsénico inorgánico puede intensificar las posibilidades de desarrollar cáncer, especialmente las posibilidades de desarrollo de cáncer de piel, pulmón, hígado, linfa.

A exposiciones muy altas de Arsénico inorgánico puede causar infertilidad y abortos en mujeres, puede causar perturbación de la piel, pérdida de la resistencia a infecciones, perturbación en el corazón y daño del cerebro tanto en hombres como en mujeres. Finalmente, el Arsénico inorgánico puede dañar el ADN. El Arsénico orgánico no puede causar cáncer, ni tampoco daño al ADN. Pero exposiciones a dosis elevadas puede causar ciertos efectos sobre la salud humana, como es lesión de nervios y dolores de estómago.

Efectos sobre la salud

Efectos agudos

Los síntomas inmediatos de intoxicación aguda por arsénico incluyen vómitos, dolor abdominal y diarrea. Seguidamente, aparecen otros efectos, como entumecimiento u hormigueo en las manos y los pies o calambres musculares y, en casos extremos, la muerte.

Efectos a largo plazo

Los primeros síntomas de la exposición prolongada a altos niveles de arsénico inorgánico (por ejemplo, a través del consumo de agua y alimentos contaminados) se observan generalmente en la piel e incluyen cambios de pigmentación, lesiones cutáneas y durezas y callosidades en las palmas de las manos y las plantas de los pies (hiperqueratosis). Estos efectos se producen tras una exposición mínima de aproximadamente cinco años y pueden ser precursores de cáncer de piel.

Además de cáncer de piel, la exposición prolongada al arsénico también puede causar cáncer de vejiga y de pulmón. El Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) ha clasificado el arsénico y los compuestos de arsénico como cancerígenos para los seres humanos; el arsénico presente en el agua de bebida también ha sido incluido en esa categoría por el CIIC.

Entre los demás efectos perjudiciales para la salud que se pueden asociar a la ingesta prolongada de arsénico destacan los que siguen: problemas relacionados con el desarrollo, neurotoxicidad, diabetes y enfermedades cardiovasculares. En China (Provincia de Taiwán), la exposición al arsénico se ha vinculado a la «enfermedad del pie negro», una afección grave de los vasos sanguíneos que causa gangrena. Sin embargo, esta enfermedad no se ha observado en otras partes del mundo; es posible que la malnutrición contribuya a su desarrollo.²²

Magnitud del problema

La contaminación por arsénico de las aguas subterráneas es un problema muy extendido; varias regiones presentan niveles importantes de consumo de agua contaminada. En Bangladesh el arsénico ha cobrado gran protagonismo desde que se descubrió, en los años noventa, que este elemento está ampliamente presente en el agua de los pozos. Desde entonces, se han logrado notables progresos, y el número de personas expuestas al arsénico en niveles superiores a los permitidos por las normas nacionales de calidad del agua potable ha disminuido en alrededor de un 40%. Pese a estos esfuerzos, se estima que el número de personas con riesgo de exposición a concentraciones de arsénico superiores a la norma nacional de 50 µg/litro y al valor guía de la OMS de

10 µg /litro ronda en Bangladesh los 20 millones y los 45 millones de personas, respectivamente.¹⁹

Los síntomas y signos asociados a elevados niveles de exposición prolongada al arsénico inorgánico difieren entre las personas, los grupos de población y las zonas geográficas. No existe pues una definición universal de las enfermedades causadas por el arsénico, lo que complica la evaluación de su carga para la salud.²³

De modo análogo, no existe tampoco un método para distinguir los casos de cáncer causados por arsénico de los inducidos por otros factores, por lo que se carece de una estimación fiable de la magnitud del problema a nivel mundial.

En 2010, el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios reevaluó los efectos del arsénico en la salud humana, a la luz de los nuevos datos disponibles. Una de sus conclusiones fue que en el caso de algunas regiones del mundo donde las concentraciones de arsénico inorgánico en el agua de bebida superan los 50-100 µg/litro hay cierta evidencia de efectos adversos. En otras regiones, donde las concentraciones de arsénico en el agua son elevadas aunque no tanto (10-50 µg/litro) el Comité concluyó que, si bien existe el riesgo de efectos adversos, estos presentarían niveles de incidencia bajos, que serían difíciles de detectar dentro de un estudio epidemiológico.²⁴

Intoxicación por arsénico

Tratamiento de sostén y sintomático

Inicialmente se realizan maniobras de reanimación ABC:

- Mantener la vía aérea permeable (intubación si es necesario).
- Asegurar una buena ventilación (ventilación mecánica si es necesario).
- Estabilizar hemodinámicamente al paciente, con administración de sueroterapia intravenosa.

Descontaminación

El vaciamiento gástrico no suele ser necesario; en cualquier caso, se prefiere el lavado gástrico a los eméticos. Se suele usar carbón activado, pero su eficacia no está demostrada. También es posible utilizar la irrigación intestinal completa o el DMPS.

Quelantes

Los quelantes son el tratamiento específico de la intoxicación por arsénico. Los más utilizados son:

Dimercaprol (2,3-dimercapto-propanol o 2,3-dimercapto-1-propano-sulfónico), más conocido como BAL: compuesto preparado con solvente oleoso (aceite de maní).

- Dosis: 3 - 5 miligramos por kilo, por vía intramuscular profunda. Cada 4 horas (con menos intervalos se exacerban los efectos adversos) durante los dos primeros días; cada 6 horas el tercer día; y cada 12 horas después, hasta conseguir niveles de arsénico en orina por debajo de 50 µg por litro o cambio de agente terapéutico. Las dosis son iguales en niños.
- Indicaciones: es más útil para prevenir la unión del arsénico a enzimas que para revertir sus efectos, por lo que su uso debe ser precoz. Está indicado en casos de exposición grave que cumpla alguno de los siguientes criterios:
 - Arsénico en plasma > 70 µg / L
 - Arsénico en orina > 200 µg / L
 - Ingesta de cantidad desconocida
 - Ingesta > 120 miligramos de trióxido de arsénico

Contraindicaciones:

- Insuficiencia hepática
- Gestación
- Dermatitis exfoliativas
- Alergia al maní y sus derivados
- Déficit de G6PD (pacientes con hemólisis)
- Precauciones: pacientes con insuficiencia renal e hipertensión

Ácido dimercaptosuccínico o DMSA (del inglés Di Mercato Succinic Acid, meso-2,3-dimercaptosuccínico), en dosis de 30 miligramos por kg día

D-penicilamina, en dosis de 1 a 3 gramos diarios por vía oral si el paciente tolera esta vía.

Otras acciones

- En caso de suicidio, terapia psicológica y/o psiquiátrica, y derivación a servicios sociales.
- En caso de intoxicación alimentaria, denuncia bromatológica para el decomiso de alimentos contaminados, y denuncia epidemiológica, para la búsqueda de casos y el estudio del brote.
- En caso de intoxicación laboral, denuncia para conseguir mejoras de las condiciones laborales y medioambientales.²⁶

En la intoxicación por arsina (AsH_3), gas inflamable que se genera siempre que se libere hidrógeno naciente si existe material que contenga arsénico, el efecto principal es una hemólisis grave, acompañada de náuseas, cólicos abdominales, vómitos, disnea y hematuria. La terapéutica debe ser predominantemente sintomática, ya que el dimercaprol es poco eficaz. La afectación de la hemopoyesis es constante; aparece una anemia microcítica hipocrómica que se debe a la inhibición de la síntesis de HEM y al acortamiento de vida del hematíe. Puede verse también un moteado basófilo en los hematíes, aunque este signo no es patognomónico.

1B.8 Prevención

La intervención más importante en las comunidades afectadas consiste en prevenir que se prolongue la exposición al arsénico implantando un sistema seguro de abastecimiento de agua potable destinada al consumo como agua de bebida, a la preparación de alimentos y al riego de los cultivos alimentarios. Existen diversas opciones para reducir los niveles de arsénico en el agua potable.

- Sustituir las fuentes de abastecimiento con elevados niveles de arsénico, por ejemplo aguas subterráneas, por fuentes de abastecimiento con bajos niveles de arsénico y microbiológicamente seguras, por ejemplo agua de lluvia o aguas superficiales debidamente tratadas. Una opción es reservar el agua con bajos niveles de arsénico para beber, cocinar y regar y utilizar el agua con mayor concentración para otros fines, por ejemplo para bañarse o lavar la ropa.
- Instalar sistemas de eliminación del arsénico – ya sea de manera centralizada o a nivel doméstico y asegurar que el arsénico eliminado se someta a un tratamiento de residuos adecuado. Entre las tecnologías que permiten eliminar el arsénico destacan la oxidación, la coagulación, precipitación, la absorción, el intercambio de iones y diversas técnicas de membranas. Existe un número cada vez mayor de opciones eficaces y económicas para eliminar el arsénico en las fuentes de abastecimiento de

agua a pequeña escala o de tipo doméstico²⁵. Se precisan asimismo intervenciones a largo plazo para reducir la exposición ocupacional asociada a diversos procesos industriales.

La educación y la participación de la comunidad son factores fundamentales para asegurar que las intervenciones den buen resultado. Es necesario que los miembros de cada comunidad comprendan los riesgos asociados a la exposición a altos niveles de arsénico y las fuentes conexas, como la ingesta de arsénico a través de cultivos alimentarios (por ejemplo, el arroz) regados con agua contaminada o a través de alimentos cocinados con agua contaminada.

También es primordial someter a las poblaciones de alto riesgo a un seguimiento continuo para detectar los signos tempranos de la intoxicación por arsénico, que suelen presentarse en forma de problemas dermatológicos.

IC. PLOMO

1C.1 Características fisicoquímicas

Quinto elemento del grupo IVA en la tabla periódica. Tiene un número atómico de 82, y peso atómico de 207.9 g/mol, y valencias de 2 y 4. EL plomo es flexible, inelástico, se funde con facilidad, se funde a 327.4°C (621.3°F) y hierve a 1725°C (3164°F). Es relativamente resistente al ataque de los ácidos sulfúrico y clorhídrico. Pero se disuelve con lentitud en ácido nítrico. El plomo es anfótero, ya que forma sales de plomo de los ácidos, así como sales metálicas del ácido plúmbico. El plomo forma muchas sales, óxidos y compuestos organometálicos es obtenido principalmente de la galena (PbS). Industrialmente, sus compuestos más importantes son los óxidos de plomo y el tetraetilo de plomo. El plomo forma aleaciones con muchos metales y, en general, se emplea en esta forma en la mayor parte de sus aplicaciones. Todas las aleaciones formadas con estaño, cobre, arsénico, antimonio, bismuto, cadmio y sodio tienen importancia industrial. Empleado en baterías, munición, soldadura, tuberías, pigmentos, insecticidas, y aleaciones. El plomo también fue usado en gasolina por muchos años como un agente antidetonador en la forma de plomo tetraetil.²⁷

1C.2 Límites de exposición

Límite de exposición son aquellos que no deben, en ningún caso, ser superados y a partir de los cuales debe alejarse al trabajador del puesto habitual y de la exposición en general. Los compuestos del plomo son

tóxicos y han producido envenenamiento de trabajadores por su uso inadecuado y por una exposición excesiva a los mismos. Sin embargo, en la actualidad el envenenamiento por plomo es raro en virtud a la aplicación industrial de controles modernos, tanto de higiene como relacionados con la ingeniería. El valor límite de la concentración ambiental de plomo se establece en $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de aire referido a 8 horas diarias y 40 semanales. El valor límite de plumbemia se establece en $70 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$, admitiéndose una plumbemia de $80 \mu\text{g}/100\text{ml}$ siempre que el valor de la protoporfirina zinc (ZPP) en sangre sea inferior a $20 \mu\text{g}/\text{g}$ de hemoglobina.²⁸

Tabla N° 12. Comparación de criterios de valoración de nivel de acción y valores límite de exposición al plomo en la comunidad científica internacional

		España	CEE	ACGIH	OSHA	NIOSH	OMS
NIVEL DE ACCIÓN DEL PLOMO	Pb-B ($\mu\text{g}/100 \text{ ml}$)	—	50	—	—	—	—
	Pb-A ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	75	75	—	30	—	—
VALORES EXPOSICIÓN	Pb-B ($\mu\text{g}/100 \text{ ml}$)	70-80	70-80	30	50	60	40 H 30 M
	Pb-A ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	150	150	50	50	100	e. fer.

Fuente: OSHA Regulations (Standards-29CFR)

Pb-B.- Plomo en sangre

Pb-A.- Plomo ambiental.

H.- Hombres

M. e. fer.- Mujer edad fértil

1C.3 Fuentes de contaminación del plomo

Fuentes naturales

El plomo rara vez se encuentra en su estado elemental, el mineral más común es el sulfuro, la galeana, los otros minerales de importancia comercial son el carbonato, cerusita, y el sulfato, anglesita, que son mucho más raros. También se encuentra plomo en varios minerales de uranio y de torio, ya que proviene directamente de la desintegración radiactiva (decaimiento radiactivo). Los minerales comerciales pueden contener tan poco plomo como el 3%, pero lo más común es un contenido de poco más o menos el 10%. Los minerales se concentran hasta alcanzar un contenido de plomo de 40% o más antes de fundirse.²⁹

Fuentes antropogénicas

El uso más amplio del plomo, como tal, se encuentra en la fabricación de acumuladores. Otras aplicaciones importantes son la fabricación de tetraetilplomo, forros para cables, elementos de construcción, pigmentos, soldadura suave y municiones.

Se están desarrollando compuestos organoplúmbicos para aplicaciones como son la de catalizadores en la fabricación de espuma de poliuretano, tóxicos para las pinturas navales con el fin de inhibir la incrustación en los cascos, agentes biocidas contra las bacterias Gram positivas, protección de la madera contra el ataque de los barrenillos y hongos marinos, preservadores para el algodón contra la descomposición y el moho, agentes molusquicidas, agentes antihelmínticos, agentes reductores del desgaste en los lubricantes e inhibidores de la corrosión para el acero. A su excelente resistencia a la corrosión, el plomo encuentra un amplio uso en la construcción, en particular en la industria química. Es resistente al ataque por parte de muchos ácidos, porque forma su propio revestimiento protector de óxido. Como consecuencia de esta característica ventajosa, el plomo se utiliza mucho en la fabricación y el manejo del ácido sulfúrico.

Se utilizan una gran variedad de compuestos de plomo, como los silicatos, los carbonatos y sales de ácidos orgánicos, como estabilizadores contra el calor y la luz para los plásticos de cloruro de polivinilo. Se usan silicatos de plomo para la fabricación de fritas de vidrio y de cerámica, las que resultan útiles para introducir plomo en los acabados del vidrio y de la cerámica. El azuro de plomo, $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$, es el detonador estándar para los explosivos. Los arsenatos de plomo se emplean en grandes cantidades como insecticidas para la protección de los cultivos. El litargirio (óxido de plomo) se emplea mucho para mejorar las propiedades magnéticas de los imanes de cerámica de ferrita de bario.

Fuentes de contaminación en el ambiente

Su abundancia promedio en la corteza terrestre es 13 ppm; en suelos de 2.6 a 25 ppm; en corrientes acuáticas de $3\mu\text{g/L}$, y aguas subterráneas es generalmente $<0.1\text{ mg/L}$. El plomo es altamente tóxico por lo que la administración de alimentos y drogas (FDA) regula el contenido de plomo en alimentos y en pinturas para los hogares. Su presencia en abastecimientos de agua puede provenir de descargas industriales, mineras, de hornos de fundición o de la disolución de algunas tuberías

Efectos ambientales del Plomo

El Plomo ocurre de forma natural en el ambiente, pero las mayores concentraciones que son encontradas en el ambiente son el resultado de las actividades humanas.

Debido a la aplicación del plomo en gasolinas un ciclo no natural del Plomo tiene lugar. En los motores el plomo es quemado, eso genera sales de Plomo (cloruros, bromuros, óxidos) se originarán estas sales de Plomo entran en el ambiente a través de los tubos de escape de los coches. Las partículas grandes precipitarán en el suelo o la superficie de aguas, las pequeñas partículas viajarán largas distancias a través del aire y permanecerán en la atmósfera. Parte de este Plomo caerá de nuevo sobre la tierra cuando llueva. Este ciclo del Plomo causado por la producción humana está mucho más extendido que el ciclo natural del plomo. Este ha causado contaminación por Plomo haciéndolo en un tema mundial no sólo la gasolina con Plomo causa concentración de Plomo en el ambiental. Otras actividades humanas, como la combustión del petróleo, procesos industriales, combustión de residuos sólidos, también contribuyen.³⁰

El Plomo puede terminar en el agua y suelos a través de la corrosión de las tuberías de Plomo en los sistemas de transportes y a través de la corrosión de pinturas que contienen Plomo. No puede ser roto, pero puede convertirse en otros compuestos.

El Plomo se acumula en los cuerpos de los organismos acuáticos y organismos del suelo. Estos experimentarán efectos en su salud por envenenamiento por Plomo. Los efectos sobre la salud de los crustáceos pueden tener lugar incluso cuando sólo hay pequeñas concentraciones de Plomo presente.³⁰

Las funciones en el fitoplancton pueden ser perturbadas cuando interfiere con el Plomo. El fitoplancton es una fuente importante de producción de oxígeno en mares y muchos grandes animales marinos lo comen. Este es por qué nosotros ahora empezamos a preguntarnos si la contaminación por Plomo puede influir en los balances globales. Las funciones del suelo son perturbadas por la intervención del Plomo, especialmente cerca de las autopistas y tierras de cultivos, donde concentraciones extremas pueden estar presentes. Los organismos del suelo también sufren envenenamiento por plomo.³¹

El Plomo es un elemento químico particularmente peligroso, y se puede acumular en organismos individuales, pero también entrar en las cadenas alimenticias.

1C.4 Principales grupos de riesgo

Tanto los niños como los adultos son susceptibles de sufrir efectos adversos por la exposición al plomo, aunque hay diferencias entre ellos en cuanto a las vías típicas de exposición y sus efectos.

Los fetos en desarrollo también están en riesgo de sufrir consecuencias adversas en su salud (menos del 1% tienen niveles mayores o iguales a 10 µg/dL), pues los niveles que representan un riesgo para el feto no necesariamente representan un riesgo para la madre. El desarrollo incompleto de la barrera hemato-encefálica en los fetos y en niños muy pequeños (de hasta 36 meses de edad) aumenta el riesgo de que el plomo ingrese al sistema nervioso en desarrollo, lo cual puede dar como resultado desórdenes permanentes o prolongados, a nivel neurológico y de comportamiento.

Debido a su comportamiento y a su fisiología, los niños se ven más afectados que los adultos por la exposición al plomo. Los niños absorben con más facilidad el plomo ingerido que los adultos. Generalmente, ingieren tierra y polvo caseros contaminados con plomo a tasas mayores que los adultos por su costumbre de llevarse continuamente las manos a la boca.

Los niños tienen una tasa de ventilación mayor que los adultos, por lo que inhalan un mayor volumen de aire por kilogramo de peso. Además, se estima que el porcentaje de plomo absorbido en el aparato digestivo, especialmente en un estómago vacío, es de 5 a 10 veces mayor en los infantes y en los niños pequeños que en los adultos, el exponer a los niños al plomo puede afectar adversamente su sistema excretor, endocrino y hematológico.

La mayor parte de los casos en adultos son de naturaleza ocupacional y ocurren en las industrias relacionadas con el plomo, tales como las industrias manufactureras y de refinación. También aumentan su riesgo de exposición al plomo las personas que usan pinturas, pigmentos, maquillaje facial, o tintes para el cabello que tengan plomo o acetato de plomo. Ciertos cosméticos.

Dosis toxica

La dosis letal de plomo absorbida es de unos 0.5 gramos.

El riesgo de intoxicación crónica se considera a partir de 0.5 mgrs/día.

La concentración máxima permisible en el aire, en los puestos de trabajo es de 0.15 mg/m³.²²

1C.5 Toxicocinética

Absorción

Las vías de entrada del plomo inorgánico en el organismo son fundamentalmente la respiratoria y la digestiva.

Por la vía respiratoria se absorbe entre el 30 y el 50% del plomo inhalado. Por la vía digestiva se absorbe el 10% (50% en los niños).

Distribución y vida media

El plomo absorbido es vehiculado por la sangre y alrededor del 90% se fija en los glóbulos rojos.

El plomo en el organismo sigue un modelo tricompartmental: el sanguíneo (el 2 % del contenido total, con una vida media de unas 5 semanas)/ el de los tejidos blandos (el 8%, con una vida media de unas semanas) y el óseo (representa el 90% del contenido total y con una vida media que oscila entre los 10 y 28 años).

Eliminación

La vía principal de eliminación es la renal. El plomo que se elimina por la saliva puede llegar a pigmentar el borde marginal de las encías.²¹

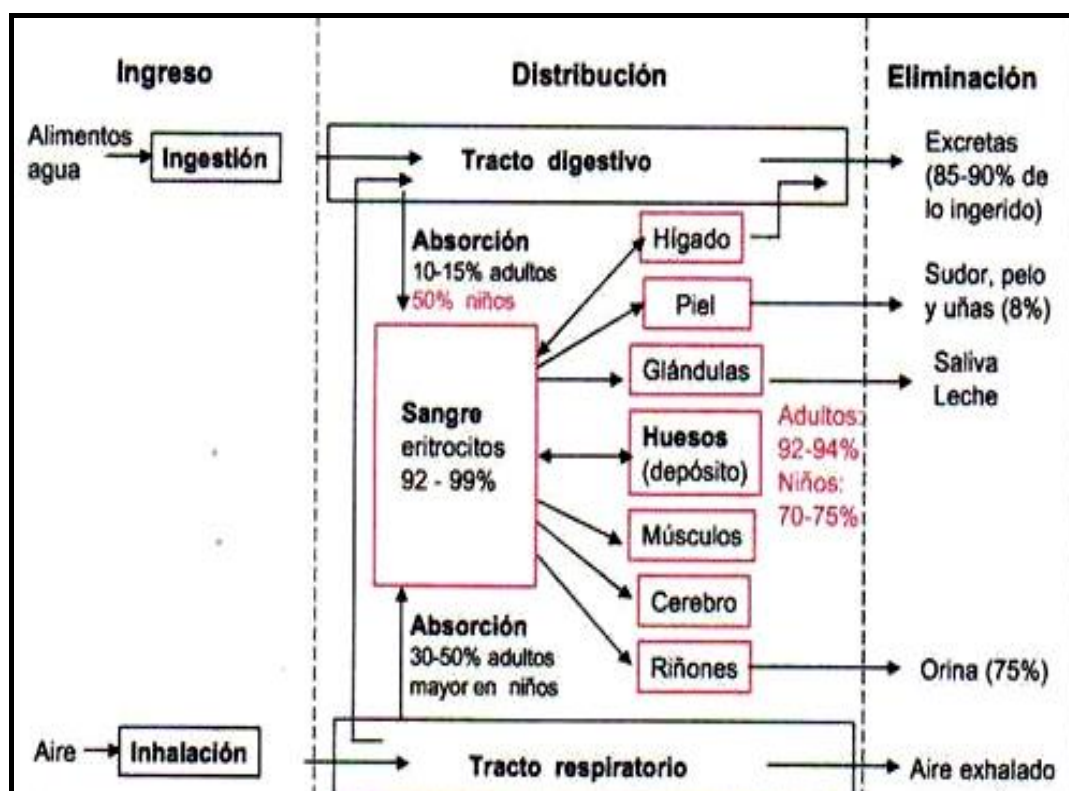


Figura N°10. Toxicocinética De Plomo (OPS)

1C.6 Toxicodinamia

El plomo tiene gran afinidad por grupos Imidazol, sulfhídrico, amino, carboxilo y fosfato, y como consecuencia de ello presenta una fuerte unión a las membranas biológicas, proteínas y numerosas vías metabólicas como la fosforilación oxidativa y la síntesis de la hemoglobina.

La Inhibición de pirimidim- 5` - nucleotidasa la podría ocasionar depósitos de ácidos nucleicos en los hematíes ocasionando el punteado basófilo de los hematíes. El plomo es desmielinizante y puede ocasionar degeneración axonal.^{32, 21}

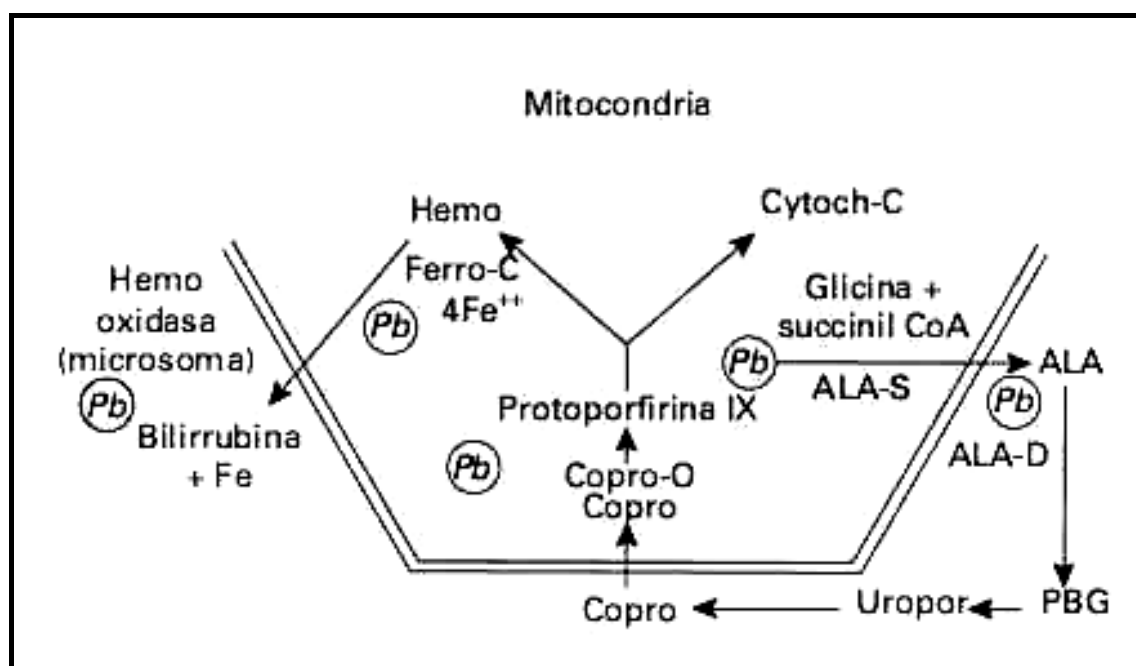


Figura N°11. Síntesis del Hemo que muestra en qué punto actúa el plomo

1C.7 Manifestaciones clínicas

Impacto del plomo en la salud poblacional

El Plomo es un metal blando que ha sido conocido a través de los años por muchas aplicaciones. Este ha sido usado ampliamente desde el 5000 antes de Cristo para aplicaciones en productos metálicos, cables y tuberías, pero también en pinturas y pesticidas. El plomo es uno de los cuatro metales que tienen un mayor efecto dañino sobre la salud humana. Este puede entrar en el cuerpo humano a través de la comida (65%), agua (20%) y aire (15%).

Las comidas como fruta, vegetales, carnes, granos, mariscos, refrescos y vino pueden contener cantidades significantes de Plomo. El humo de los cigarros también contiene pequeñas cantidades de plomo.

El Plomo puede entrar en el agua potable a través de la corrosión de las tuberías. Esto es más común que ocurra cuando el agua es ligeramente ácida. Este es el porqué de los sistemas de tratamiento de aguas públicas son ahora requeridos llevar a cabo un ajuste de pH en agua que sirve para el uso del agua potable. El Plomo no cumple ninguna función esencial en el cuerpo humano. El mayor peligro proviene de la inhalación de vapor o de polvo. En el caso de los compuestos organoplúmbicos, la absorción a través de la piel puede llegar a ser significativa. Algunos de los síntomas de envenenamiento por plomo son dolores de cabeza, vértigo e insomnio. En los casos agudos, por lo común se presenta estupor, el cual progresa hasta el coma y termina en la muerte. El control médico de los empleados que se encuentren relacionados con el uso de plomo comprende pruebas clínicas de los niveles de este elemento en la sangre y en la orina. Con un control de este tipo y la aplicación apropiada de control de ingeniería, el envenenamiento industrial causado por el plomo puede evitarse por completo.

Intoxicación aguda

La intoxicación aguda por compuestos de plomo actualmente es excepcional. Las manifestaciones clínicas más importantes son:

- Alteraciones digestivas: dolores epigástricos y abdominales, vómitos, diarreas negruzcas y posteriormente la presencia de estreñimiento pertinaz. Excepcionalmente se han descrito casos de insuficiencia hepática aguda.
- Alteraciones hematológicas: anemia hemolítica.
- Alteraciones renales: insuficiencia renal aguda.
- Alteraciones neurológicas (encefalopatía saturnina). Es más frecuente en niños. Se manifiesta en forma de convulsiones, y coma, que puede conllevar a la muerte en días después de la intoxicación.

Intoxicación crónica

Los compuestos inorgánicos de plomo pueden ocasionar alteraciones: digestivas, hematológicas, neurológicas renales, endocrinas y del sistema reproductor.

- Las alteraciones digestivas se pueden manifestar en forma de un cuadro abdominal agudo ("cólico seco"), con dolores intensos y difusos, vómitos y constipación. También se han descrito casos de hepatitis tóxica.
- La anemia del saturnismo es debida a dos mecanismos: uno debido a la Inhibición de la síntesis de la hemoglobina (inhibiendo las enzimas delta-

aminolevulinico dehidrasa y la ferroquelatasa) y otro por hemólisis. Aparición de punteado basófilo.

- El plomo puede afectar al sistema nervioso central en forma de cefaleas, insomnio, alteraciones del carácter y de la memoria. También se ha relacionado la exposición al plomo con disminución del rendimiento escolar en niños. El plomo puede ocasionar una polineuropatía, de predominio motor que afecta principalmente a las extremidades superiores.
- La evolución crónica puede desencadenar una nefropatía plúmbica con destrucción de las células tubulares y aparición posterior de fibrosis. También se ha relacionado la exposición al plomo con la aparición de hipertensión arterial. La gota saturnina podría ser debida a la inhibición de la actividad de la guanasa (aumentando [a concentraciones de guanina Insoluble y cristalizada en las articulaciones).
- Se han descrito casos de impotencia y alteraciones en los espermogramas (hipospermia, teratospermia y astenospermia), mientras que las mujeres expuestas al plomo presentan una mayor incidencia de esterilidad y abortos espontáneos.³³

Efectos sobre la salud

El Plomo puede causar varios efectos no deseados, como son:

- Perturbación de la biosíntesis de hemoglobina y anemia
- Incremento de la presión sanguínea
- Daño a los riñones
- Abortos y abortos sutiles
- Perturbación del sistema nervioso
- Daño al cerebro
- Disminución de la fertilidad del hombre a través del daño en el esperma
- Disminución de las habilidades de aprendizaje de los niños
- Perturbación en el comportamiento de los niños, como es agresión, comportamiento impulsivo e hipersensibilidad.

El Plomo puede entrar en el feto a través de la placenta de la madre. Debido a esto puede causar serios daños al sistema nervioso y al cerebro de los niños por nacer.

Efectos Carcinogénicos

Se ha demostrado repetidamente que la exposición al plomo produce cáncer en animales de laboratorio (Categoría A3 American Conference of Government Industrial Hygienists, ACGIH 1996).

Estudios epidemiológicos han encontrado un aumento significativo para varios tipos de cáncer (estómago, pulmón y vejiga). Por ello, queda abierta todavía la cuestión de una eventual acción mutágena y cancerígena del plomo.

Tratamiento

Intoxicación aguda

La ingesta oral requiere las medidas habituales de descontaminación digestiva (lavado gástrico, carbón activado, etc.). El uso de antidotos se planteará si la plumbemia supera los 20 en niños o los 40 en adultos, pudiéndose utilizar EDTA o penicilamina en función del estado clínico⁴³.

Intoxicación crónica

Debe separarse al paciente de la exposición al plomo, iniciar un tratamiento sintomático y valorar la utilización de quelantes.

Para pacientes sintomáticos y con plumbemias superiores a 60 ug/dL, el EDTA monocalcico disódico es el quelante de elección: 25-75 mg/kg/día/iv, durante 5 días. Pacientes paucisintomáticos, o con plumbemias entre 40 y 60 ug/dl pueden recibir d-penicilamina por vía oral: 1-2 gramos/día, durante varias semanas. La d-penicilamina está contraindicada en los pacientes alérgicos a la penicilina ya que, puede presentar cuadros de hipersensibilidad cruzada. Deben controlarse los posibles efectos secundarios de esta medicación. En los casos de Intoxicaciones agudas con componente encefalopático, el tratamiento con EDTA irá precedido por dimercaprol o SAL por vía 1M, a la dosis única de 3 mg/Kg.

Como alternativa al EDTA CaNa_2 y a la d-penicilamina, se están utilizando derivados del dimercaprol, como el ácido 2,3 dimercaptosuccínico (DMSA) y el 2,3-dimercapto-1-propanosulfonato (DMPS).³³

1C.8 Prevención

Las medidas preventivas más importantes son las que se realizan a nivel de la población general (control del agua, alimentos, medio ambiente) y de los profesionales expuestos a este metal en el medio laboral por ejemplo:

- Cree hábitos saludables: lave las manos de sus hijo/a constantemente, así como los juguetes y chupones.
- Coma comidas ricas en calcio, hierro, y vitamina C, tales como pollo, nueces, vegetales de hojas verdes, frutas cítricas, y frijoles.
- Mantenga su casa libre de plomo: quítese los zapatos en la puerta de entrada, limpie las superficies con un trapo húmedo o traperos, y si el plomo está en sus carpetas, use una aspiradora con un filtro especial de HEPA.
- Revise la página de Internet de Productos de Consumo de la Comisión de Seguridad para que recuerde los juguetes, joyería y otros productos domésticos que han sido identificados como peligrosos por contener plomo.
- Compre un tubo con muestras caseras para detectar el plomo en su tienda más cercana, y examine los productos que más le preocupen.

Tabla N° 13. Límite máximo permisible (LMP) de metales en jugos

ELEMENTO	LMP en mg/Kg (ppm)
ANTIMONIO(Sb)	0.04
ARSÉNICO (As)	0.2
BARIO (Ba)	1
BORO (B)	0.5
CADMIO (Cd)	0.05
CINC (Zn)	25
COBRE (Cu)	5
CROMO (Cr)	0.05
ESTAÑO (Sn)	1.2
FLUOR (F)	0.5
MERCURIO (Hg)	0.05
PLATA (Ag)	0.05
PLOMO (Pb)	0,1

FUENTE: Codex Alimentarius informe N°24

Tabla N°14. Valores de referencia de metales pesados en sangre

Valores de referencia en sangre (expresado en ug/dl)		
Examen	Personal expuesto	Personal no expuesto
Plomo	40-70	Hasta 40
Litio	30	20
Mercurio	10	0.5-1
Arsénico	5	1
Cadmio	25	1.5
hierro	200	Hasta 160

Tabla N°15. Niveles máximos permitidos de metal pesados en derivados de azúcar

METAL	AZÚCAR	NIVEL MAXIMO PERMITIDO (mg/Kg)
Arsénico (As)	Azúcar blanco	1 ³
	Azúcar blanco de plantación o refinería	
	Azúcar en polvo	
	Azúcar blanco blando	
	Azúcar moreno blando	
	Dextrosa anhidra	
	Dextrosa monohidrato	
	Dextrosa en polvo	
	Jarabe de glucosa	
	Jarabe de glucosa deshidratado	
	Lactosa	
	Fructosa	
Plomo (Pb)	Azúcar de plantación o refinería	0,5 ³
	Azúcar blanco blando	
	Azúcar moreno blando	
	Jarabe de glucosa	
	Jarabe de glucosa deshidratado	
	Fructosa	0,1 ⁴
	Azúcar blanco	
	Azúcar en polvo	
	Dextrosa anhidra	
	Dextrosa monohidrato	
	Dextrosa en polvo	
	Lactosa	

3 Aprobado temporalmente por el CCFAC (1997).No aprobado por el CCFAC (1999)

4 No aprobado por el CCFAC (1999)

II. PARTE EXPERIMENTAL

2.1 Obtención y recolección de muestras

Se recolectaron 40 muestras de “jugo de caña de azúcar” en 5 distritos de Lima Metropolitana la toma de muestras fueron en dos tiempos a las 10:00 am y 6:00 pm en el mes de noviembre 2013.

Las muestras fueron recolectadas en frascos para análisis biológicos transparentes de polietileno de tapa verde de 200 mL aprox., fueron guardadas en un cooler de tecnoporn a una temperatura de 5-10°C. Las muestras fueron trasladadas al laboratorio de Unidad de Servicios y Análisis Químico USAQ -UNMSM.

2.2. Toma de muestras

2.2.1. Esquema de los procedimientos previo a la recolección de muestras (Figura N°12)

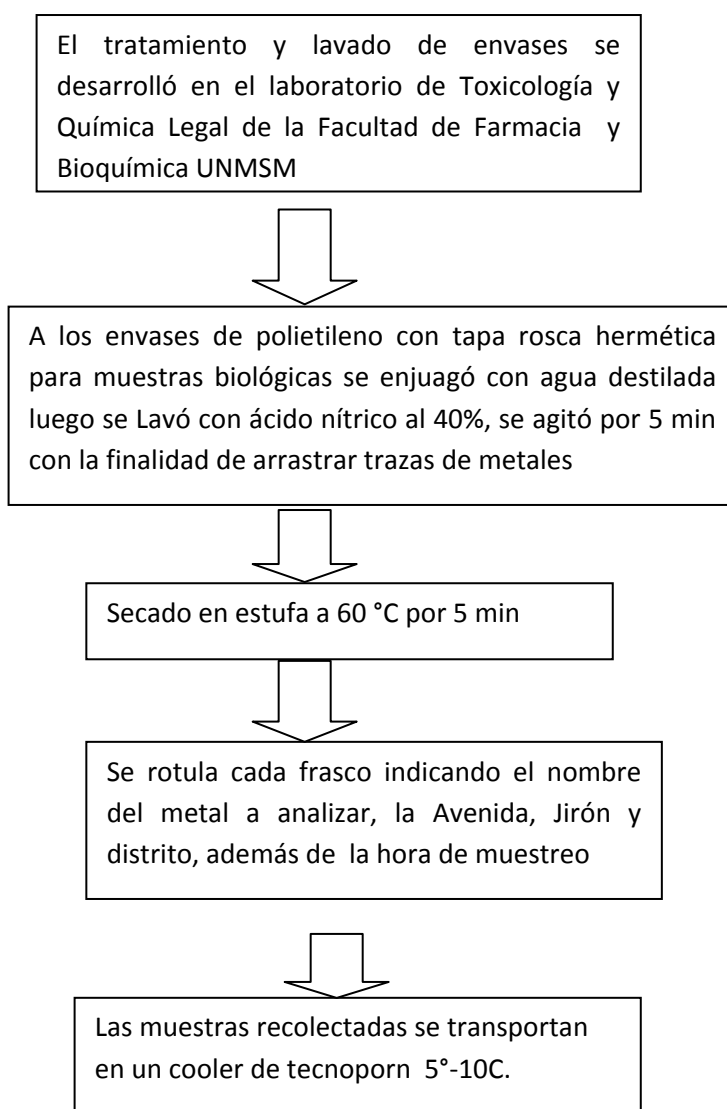


Tabla N°16. Cantidad de muestras recolectada por distrito

Distritos	Número de muestras	Muestras determinación arsénico	Muestras determinación plomo	Fecha de recolección
Lima Cercado	10	5	5	15 noviembre
La Victoria	10	5	5	17 noviembre
San Juan de Lurigancho	8	4	4	16 noviembre
Rímac	8	4	4	18 noviembre
El Agustino	4	2	2	19 noviembre
Total	40	20	20	

Tabla N°17. Porcentaje de muestras recolectadas por distrito

DISTRITOS	NÚMERO DE MUESTRAS	PORCENTAJE
Lima Cercado	10	25%
La Victoria	10	25%
San Juan de Lurigancho	8	20%
Rímac	8	20%
El Agustino	4	10%
Total	40	100%

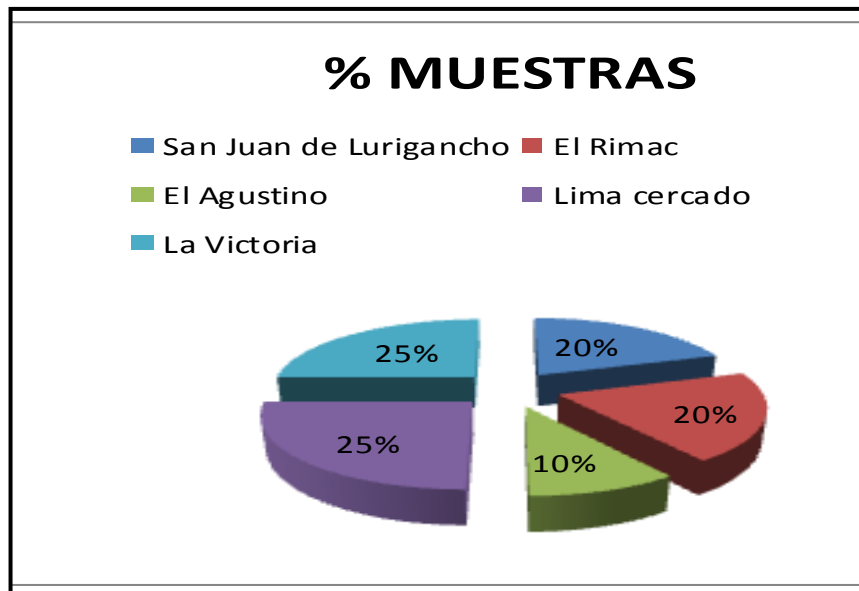


Figura N°13. Porcentaje de muestras recolectada por distrito

Las muestras recolectadas en los distritos se tomaron en avenidas de mayor congestión y tráfico vehicular y además según estudios que demuestran alta carga de contaminación ambiental^{9,37}. La toma de muestras se hizo en puestos de venta relativamente permanente:

1. En el distrito del Rímac

- a. Ovalo ACHO /Vía de Evitamiento.
- b. Av. Caquetá Mercado de frutas.

2. En el distrito de San Juan de Lurigancho

- a. Av. Wiese paradero 7 Alt. arco de J.C. Mariátegui.
- b. Av. Próceres de la Independencia paradero Banchero.

3. En el distrito de la Victoria

- a. Av. Parinacochas 1 (Alt. Gamarra).
- b. Av. Parinacochas 2 (Alt. Av. México).
- c. Av. Aviación (Alt. Parada).
- d. Av. 28 Julio (Alt. Parada)

4. En Lima Cercado

- a. Jr. Puno (Alt. CC Paruro)
- b. Jr. Puno cruce con Av. Abancay

c. Av. 28 de Julio Alt. Vía Expresa

5. El Agustino

a. Ovalo Pte. Nuevo Alt. Av. Circunvalación

TABLA N° 18. Lugar, cantidad y hora de recolecta de muestras por distritos

Distrito	Referencia de la muestra	Cantidad de muestras				total
		10:00 am		6:00 pm		
		As	Pb	As	Pb	
Lima-Cercado	Av.28 Julio-Vía Expresa	1	1	1	1	4
	Jr. Puno cruce con Av. Abancay	1	1	-	-	2
	Jr. Puno. Alt Jr. Paruro	1	1	1	1	4
La Victoria	Av. Parinacochas 1 Alt. Gamarra.	-	-	1	1	4
	Av. Parinacochas 2 Alt. Av. México	-	-	1	1	
	Av. Aviación-La Parada	1	1	1	1	4
	Av.28 Julio-La Parada	-	-	1	1	2
San Juan de Lurigancho	Av. Próceres Independencia paradero Bancharo	1	1	1	1	4
	Av. Wiese Alt. José Carlos Mariátegui. Paradero 7	1	1	1	1	4
Rímac	ACHO con corredor vial Evitamiento	1	1	1	1	4
	Av. Caquetá-Alt. Mercado de frutas	1	1	1	1	4
El Agustino	Pte. Nuevo Alt. Av. Circunvalación	1	1	1	1	4
Total		10	10	10	10	40

2.2.2 Método analítico empleado

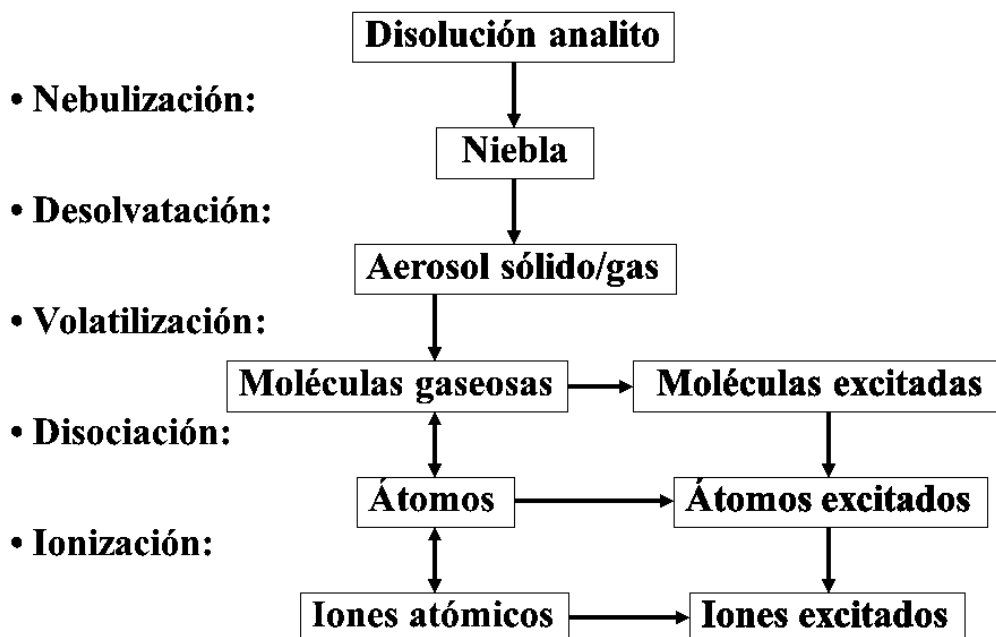
- Determinación de arsénico por espectrofotometría de absorbancia atómica por generador de hidruros.
- Determinación de plomo por Espectroscopía de absorción atómica por horno de grafito.

Técnica Instrumental

La espectroscopía de absorción atómica, con lámpara de cátodo hueco. Ésta técnica permite la determinación de, al menos, unos 70 elementos en cantidades tan bajas con razonable selectividad, pequeña manipulación y mínimo tamaño de muestra, además de la relativa facilidad y rapidez para utilizar el espectrofotómetro de absorción atómica. Aunque inicialmente se utilizó solo para la determinación de elementos metálicos, se han desarrollado métodos indirectos que permiten la cuantificación de una gran variedad de aniones y compuestos orgánicos

La base de la espectroscopía de absorción atómica (EAA) la entregó Kirchhoff al formular su ley general: «cualquier materia que pueda emitir luz a una cierta longitud de onda también absorberá luz a esa longitud de onda». El significado práctico de esto fue recién desarrollado en 1955 por el australiano Walsh, apareciendo los primeros instrumentos comerciales a principios de 1960. Las técnicas espectroscópicas atómicas consisten en transformar la muestra en átomos en estado vapor y medir la radiación electromagnética absorbida o emitida por dichos átomos. La absorción atómica es el proceso que ocurre cuando átomos en estado fundamental absorben energía radiante a una longitud de onda específica. La cantidad de radiación absorbida aumenta al número de átomos del elemento presente al hacerlo pasar por el camino óptico, utilizándose esto con fines analíticos cuantitativos. En la práctica las muestras se vaporizan y se convierten en átomos libres, proceso denominado atomización. Sobre el vapor atómico originado se hace incidir la radiación electromagnética que será absorbida parcialmente por el analito. Para la obtención del vapor atómico pueden utilizarse distintas fuentes, tales como una llama, energía eléctrica o un plasma, dando lugar a distintas técnicas

Espectroscopía de absorción Atómica: Procesos durante la atomización



Fundamento. El átomo consiste de un núcleo y de un número determinado de electrones que llenan ciertos niveles cuánticos. La configuración electrónica más estable de un átomo corresponde a la de menor contenido energético conocido como “estado fundamental”. Si un átomo que se encuentra en un estado fundamental absorbe una determinada energía, éste experimenta una transición hacia un estado particular de mayor energía. Como este estado es inestable, el átomo regresa a su configuración inicial, emitiendo una radiación de una determinada frecuencia. La frecuencia de la energía radiante emitida corresponde a la diferencia de energía entre el estado excitado (E1) y el estado fundamental (E0) como se encuentra descrito en la ecuación de Planck:

$$E = \frac{hc}{\lambda}.$$

h = constante de Planck

v = frecuencia

c = velocidad de luz

λ = longitud de onda

Según la teoría atómica, el átomo puede alcanzar diferentes estados (E1, E2, E3, ...) y de cada uno de ellos emitir una radiación (λ_1 , λ_2 , λ_3 , ...)

característica, obteniéndose así un espectro atómico, caracterizado por presentar un gran número de líneas discretas. De la ecuación de Planck, se tiene que un átomo podrá absorber solamente radiación de una longitud de onda (frecuencia) específica. En absorción atómica interesa medir la absorción de esta radiación de resonancia al hacerla pasar a través de una población de átomos libres en estado fundamental. Estos absorberán parte de la radiación en forma proporcional a su concentración atómica.

La mayor parte de la información útil desde el punto de vista analítico se obtiene operando en las regiones del ultravioleta, visible y la correspondiente a los rayos X. A diferencia de los espectros moleculares en las regiones UV y visible, que suelen consistir en una serie de bandas anchas, los espectros atómicos están constituidos por picos estrechos y bien definidos, originados por transiciones entre distintos niveles de energía electrónica (en los átomos aislados no existen, evidentemente, niveles vibracionales ni rotacionales, esto explica la gran selectividad que suelen presentar estas técnicas). Así mismo, la sensibilidad también suele ser elevada y depende del número de átomos en estado fundamental (técnicas de absorción) y en estado activado (técnicas de emisión).

Instrumentación.

Los principales componentes de un espectrofotómetro de absorción atómica:

- Una fuente de radiación que emita la línea espectral del elemento de interés
- Un sistema de atomización, que suministre energía suficiente para la disociación del analito y la formación de átomos libres.
- Un monocromador para aislar la línea espectral medida.
- Un detector acoplado con un sistema medidor o de registro de los datos obtenidos³⁴

Tabla N°19. Comparación de los límites de sensibilidad entre las técnicas de horno de grafito y generación de hidruros

Volumen de muestras

- Horno de grafito=50µL
- Generación de hidruros=50mL

Elemento	Horno de grafito ppb	Generación de hidruros ppb
As	0.2	0.01
Be	0.1	0.02
Sb	0.15	0.02
Se	0.5	0.01
Zn	0.15	0.02
Te	0.1	0.02

Fuente: Mac Graw – Hill, análisis instrumental

2.3 Materiales, equipos y reactivos

a). Materiales

- Matraces aforados de 50, 100, 200, 250, 500 y 1000 mL.
- Pipetas volumétricas de 1, 5, 10, 20, 25, 50 y 100 mL.
- Beakers de 100, 500, 1000 y 2000 mL.
- Erlenmeyer de 250, 500, 1000 y 2000 mL.
- Erlenmeyer con desprendimiento lateral.
- Crisoles con tapa
- Lunas de reloj
- Varillas de agitación
- Embudos en "V".
- Fiolas con tapa de 10mL, 20mL, 50mL y 100mL clase A

b). Equipos

- Equipo de absorción atómica marca: SHIMADZU modelo: AA-6800
- Horno de grafito modelo: GFA-EX7
- Inyector automático, autosampler modelo: ASC-6100
- Lámpara de cátodo hueco de plomo

- Medidor de pH. Marca Accumet Basic. Modelo AB15 pH meter.
- Plancha de calentamiento. Marca Schott. Modelo CERAN.
- Cabina de extracción de gases. Marca. Compañía de control ambiental. Modelo: C150x standart.
- Bomba para filtración al vacío. Marca Comecta S.A.
- Balanza analítica de precisión. Marca OHAUS. Modelo Adventurer.
- Mufla de calentamiento. Marca VULCAN 3-550. Marca NEY.
- Baño María. Marca Mermmet. Ref .WNB14
- Balón de argón 99.999% de pureza.
- Equipo de generador de hidruros HVG-1
- Lámpara de cátodo hueco de arsénico

c).Reactivos

Para el arsénico

Todos los reactivos usados deben ser de alta pureza, lo mismo que el agua destilada, para minimizar la absorción del blanco (dan absorbancias altas y por lo tanto la señal de ruido es alta).

- Estándar certificado de arsenico 1000 µg/L
- Ácido clorhídrico HCl 10% (v/v) para la preparación de estándares.
- Ácido sulfúrico H₂SO₄ 2.5N
- Papel filtro Watman N° 2, HCl 5M
- NaBH₄ 0.4% boro hidruro de sodio
- Hidróxido de Sodio (NaOH)

Para el plomo

- Estándar certificado de plomo (Pb) de 1000 mg/L.
- Ácido nítrico (HNO₃) concentrado ultrapuro, con contenido de 0.007 µg/L de plomo, para la digestión de las muestras.
- Diluyente, ácido nítrico 0.2%
- Acido perclórico (HClO₄) al 40%.

2.3 DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO POR ESPECTROSCOPIA DE ABSORBANCIA ATÓMICA POR LA TÉCNICA DE GENERADOR DE HIDRUROS.

2.3.1 Técnica empleada. Fundamento

Atomización con generación de Hidruros. La técnica de generación de hidruros proporciona un método para inducir muestras que contienen As, Sb, Sn, Se, Bi, y Pb en un atomizador en forma de gas. Dicho procedimiento mejora los límites de detección de estos elementos de 10 a 100 veces. Debido a que varias de estas especies son altamente tóxicas, es de considerable importancia su determinación a concentraciones bajas. Generalmente se pueden producir rápidamente hidruros volátiles adicionando una disolución acuosa acidificada de la muestra a un volumen pequeño de una disolución acuosa del 1 % de borohidruro de sodio en un frasco de vidrio. El hidruro volátil es arrastrado a la cámara de atomización por un gas inerte. La cámara generalmente es un tubo de sílice en un horno o una llama, donde se descompone el hidruro originándose los átomos del analito. La concentración del mismo se determina por la medida de la absorción o de la emisión. El shimadzu AA-7000 consta de un generador de hidruros el HGV- 1 que se acopla sin mayores inconvenientes al espectrofotómetro, sin embargo es fundamental cerciorarse del correcto funcionamiento del sistema de mangueras que emplea para transportar reactivos y muestra. Hay algunos elementos que son difíciles de volatilizar con una llama o un horno. Para estos elementos se utiliza la técnica de generación de vapor, ya sea formando el hidruro metálico del elemento (As, Bi, Sb, Sn, Se y Te) o directamente vapores como en el caso del Hg.

- Esta técnica es 5 o 10 veces más sensible comparada con el horno de grafito, para elementos como Arsénico, Bismuto, Selenio, Teluro y Estaño.
- Es posible aislar completamente el elemento o el hidruro del elemento de las sustancias que acompañan la muestra. Esto tiene como consecuencia que casi no se tengan interferencias por efecto de matriz.

El generador de hidruros es un sistema que genera un flujo continuo de vapor, consta de una bomba peristáltica que continuamente bombea muestra y reactivos a un tubo manifold (tubo múltiple) donde se produce la mezcla. La solución mezcla fluye a través de un tubo serpentín donde se forma el hidruro del elemento junto con hidrógeno. Con la ayuda del gas portador (Ar o N₂) el hidruro (junto con el hidrógeno) entra a un recipiente separador gas-líquido donde el hidruro gaseoso es removido de la solución. Posteriormente el hidruro, al estado de vapor es transportado

hasta la celda de absorción de cuarzo, que está montada sobre el mechero y calentada con llama aire-acetileno o eléctricamente. El vapor es atomizado en la llama produciéndose la absorción de luz.³⁴ El gas inerte que se usa debe ser de una alta pureza y a una presión regulada de 30-60 psi (225-455 Kpa). El flujo de gas durante la medición debe ser, para el método del borohidruro de sodio, desde el separador gas-líquido de 30 ml/min.

En general en el proceso de generación de hidruros, la máxima sensibilidad se obtiene cuando el elemento analito está en un estado de oxidación particular. Por eso la muestra, los estándares y el blanco deben ser tratados previamente de tal manera de llevar todo el analito al estado de oxidación apropiado (por ej, el As^{+5} a As^{+3}).

En general las digestiones con H_2SO_4 y HNO_3 tienden a dar estados de oxidación mayores, lo que es desfavorable para esta técnica, por lo que hay que evitar el uso de estos ácidos. También los NO_x producen interferencias y la sensibilidad analítica disminuye.^{34, 35}

Se prefiere HCl y H_3PO_4 para digestión. El Cu y el Sn son fuertes interferentes de la generación de hidruros. El KI que se usa en la determinación de As y Sb acelera la de-vitrificación de la celda de cuarzo. Cuando se analizan muestras que contienen especies fuertemente interferentes debe lavarse el sistema haciendo bombear HCl 50 % por 20 segundos entre muestras.

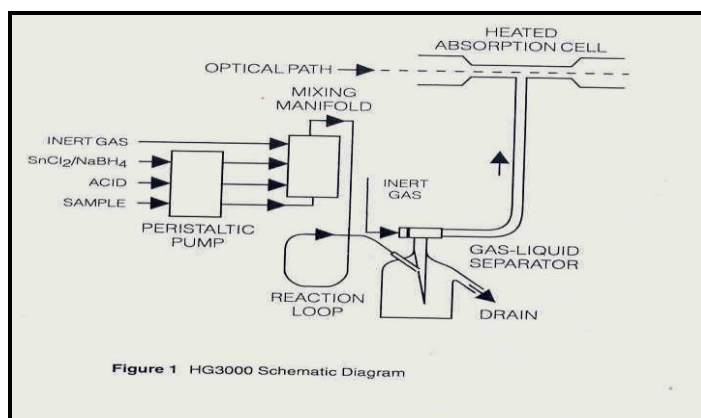


Figura N°14. Diagrama del generador de hidruros

Limitaciones de la técnica

- Está restringida a la cuantificación de elementos
- Que formen hidruros volátiles a temperatura ambiente o que se reduzcan al estado elemental en condiciones apropiadas.

- La cantidad de átomos que se pueden formar es mucho mayor en Generador de Hidruros, lo que indica que tiene menores límites de detección que los correspondientes al Horno de Grafito.
- No tiene interferencias por señal de fondo, pues el analito se aísla de la matriz por volatilización.

Preparación de reactivos

Todos los reactivos usados deben ser de alta pureza, lo mismo que el agua destilada, para minimizar la absorción del blanco (dan absorbancias altas y por lo tanto la señal de ruido es alta).

Ácido clorhídrico HCl 10% (v/v) se midió 100mL de ácido clorhídrico concentrado ultrapuro (máximo de arsénico de 0.5µg/L) y se llevó a una fiola de 1000 mL enrasar con agua ultrapura (duración un día)

Ácido sulfúrico H₂SO₄ 2.5N: adicionar a 7mL de H₂SO₄ concentrado a un vaso de 250 mL que contiene 50 mL de agua destilada. Enrasa a una fiola de 100mL.

Solución de boro de sodio (0.4% NaBH₄, solución):

Disolver 2.5g de hidróxido de sodio (NaOH) y 2,0 g de borohidruro de sodio en agua destilada en ese orden y agregar 500ml de agua destilada

Ácido clorhídrico (HCL 5 M): prepara 500mL

Debido a la naturaleza química del proceso de generación de hidruros, la exactitud y precisión del análisis son críticamente dependientes de la pureza de los reactivos, de la preparación de la muestra, del proceso de digestión y de los procedimientos analíticos en general. Los límites de detección que se logren estarán determinados por estas variables.

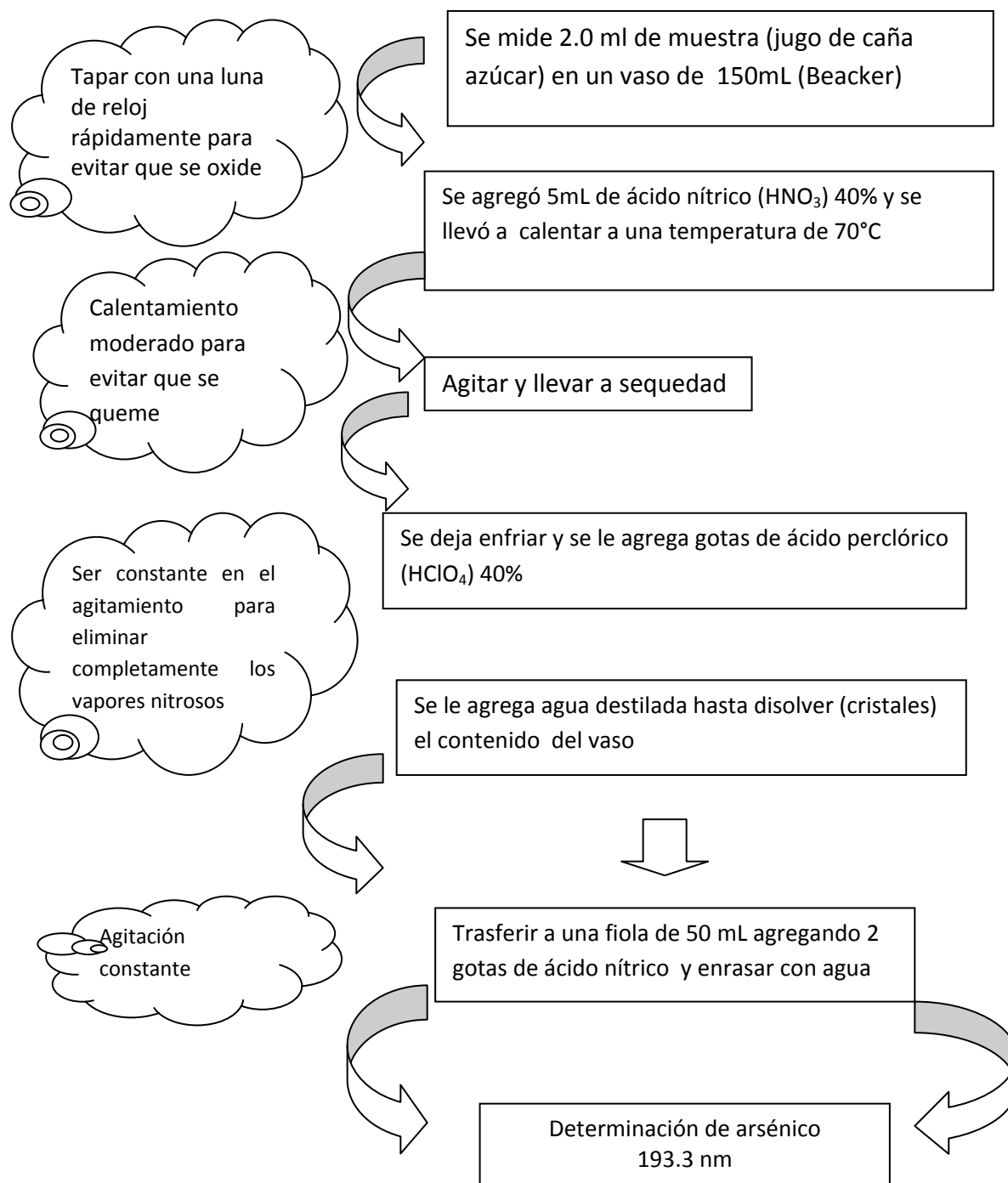
Solución de estándares: preparar soluciones estándares con las concentraciones apropiadas para el caso del arsénico: 5-20 ppb (los estándares son preparados antes de cada medida)

2.3.3 Preparación de la muestras

Se pesa 2.0 mL de muestra en un vaso de 150 mL ,rápidamente y para evitar que se oxide se tapa con un luna de reloj .agregar 5 mL de ácido nítrico y se lleva a calentar a una temperatura de 70°C (calentamiento moderado para evitar que se queme) agitar la muestra constantemente apara eliminar completamente los vapores nitrosos y llevar hasta sequedad, luego al enfriar se le agrega agua destilada hasta disolver el contenido del vaso y transferir a una fiola de 50 mL agregando 2 gotas ácido perclórico y enrasar con agua destilada.

La exposición al arsénico puede ser más alta para la gente que trabaja con Arsénico, para gente que bebe significantes cantidades de vino, para gente que vive en casas que contienen conservantes de la madera y gente que viven en granjas donde el Arsénico de los pesticidas ha sido aplicado en el pasado.

Flujograma de análisis de preparación de muestras



2.3.4 Curva de calibración

Preparación de estándares

- Estándar patrón de arsénico, 100 µg/L: se midió 10 mL del estándar certificado y diluir a 100 mL con agua ultrapura. el estándar tienen una duración de 1 año
- Estándar de arsénico 10 µg/mL: se midió 10 mL de estándar de 100 µg/mL y luego se llevó a una fiola de 100 mL y se enrasó con ácido clorhídrico ultrapuro al 10%. tiene una duración de 6 meses.
- Estándar de arsénico 1 µg/mL: se midió 10 mL del estándar de 10 µg/mL y luego se llevó a una fiola de 100 mL, para enrasar con ácido clorhídrico ultrapuro al 10%, tiene una semana de duración.
- Estándar de arsénico 0.1 g/µmL (100 µg/L): medir 5 mL del estándar de 1 mg/L y diluir a 50 mL con ácido clorhídrico ultra pro al 10% tiene una duración de un día.
- Estándares de calibración; medir 1 mL, 3 mL y 5 mL del estándar de 100 µg/L, agregar 5 mL de ácido clorhídrico concentrado para análisis de trazas y 10 mL de solución reductora dejar reposar 45 min y luego diluir a 50 mL con agua ultrapura para obtener concentraciones de 2 µg/L, 6 µg/L y 10 µg/L respectivamente. los estándares tienen una duración de un día.
- Blanco de calibración; tomar un volumen de agua ultrapura acidificada, con la misma cantidad de ácidos que los estándares de calibración.

Medición

Se encendió el equipo de absorción atómica SHIMADZU AA-6800 el equipo de generador de hidruros HVG-1 con lámpara de cátodo hueco de arsénico. Para la determinación de arsénico se bombean la muestra, el ácido clorhídrico 5 M y el borohidruro sódico al 4% con la ayuda de una bomba peristáltica mediante un sistema de conexiones en forma de T, se va mezclando las distintas disoluciones en la primera conexión confluyen la disolución de la muestra y el medio ácido, las disoluciones resultantes se unen al flujo de NaBH₄ mediante otra conexión en T. A la salida de esta segunda conexión hay un reactor de 50 cm de longitud y 0,5 mm de diámetro interno donde se forma el hidruro. el terminal del reactor está conectado a un separador de fases gas- líquido en el que la arsina es conducida, con ayuda de un gas de arrastre (Ar) hasta una celda de cuarzo calentada a una llama aire-acetileno

Las condiciones instrumentales para un análisis de arsénico por generador de hidruros son:

- Se usa corrección de fondo (background)
- Longitud de onda: 1.93.7 nm
- Slit : 1.0
- Medida de señal: area del pico (A-As)

Tabla N°20. Curva de calibración arsénico:

Concentración ppb (ug/L)	Absorbancia
1	0.0098
2	0.0222
4	0.0457
8	0.1062

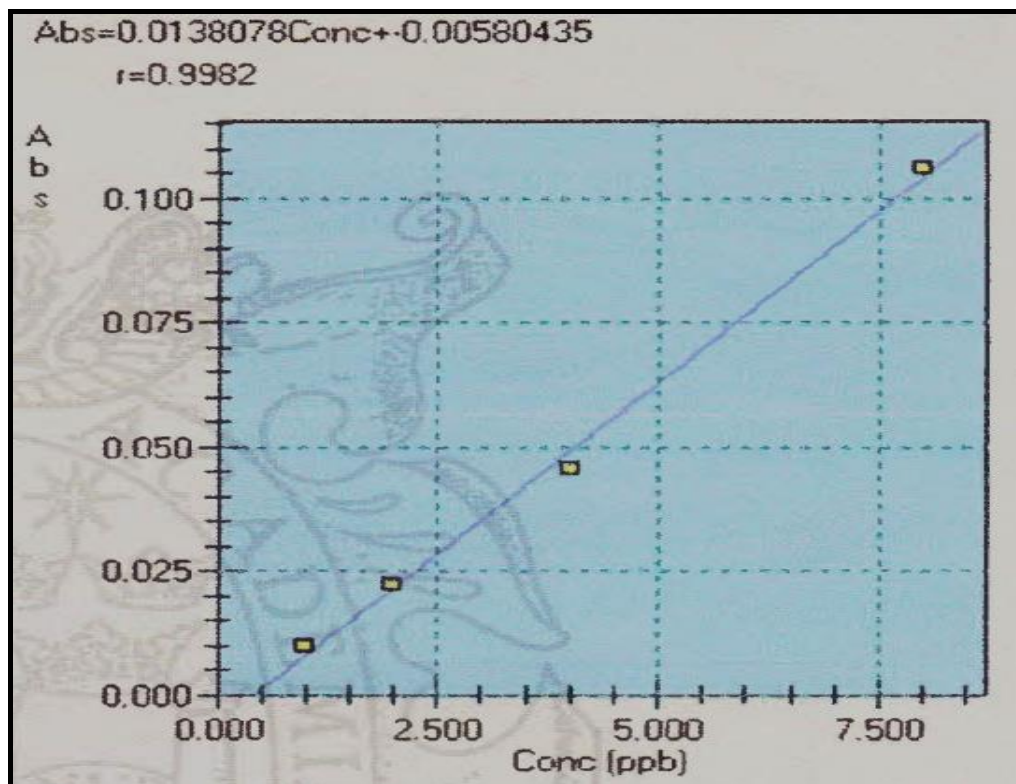


Figura N°15: Curva de calibración de estándares de arsénico

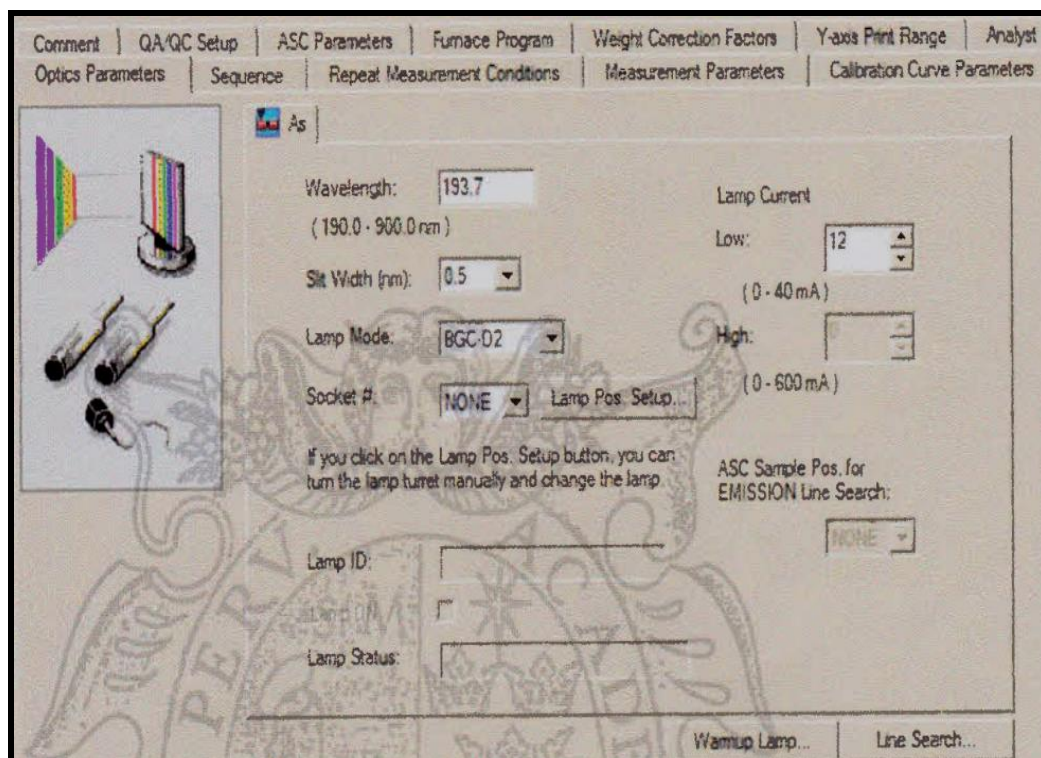
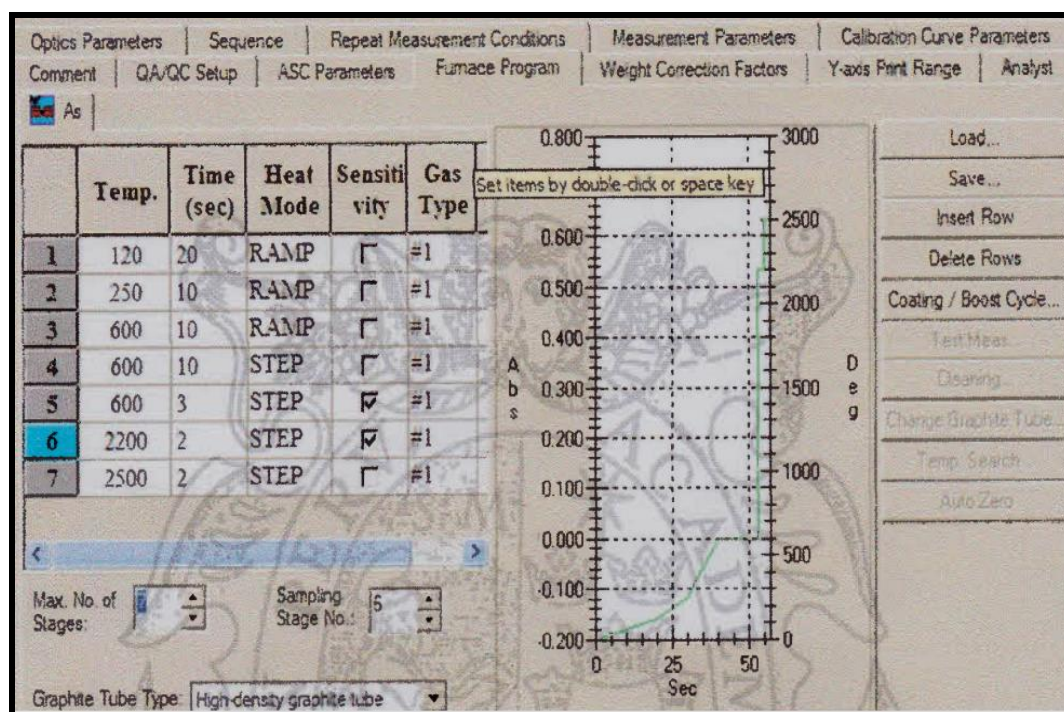
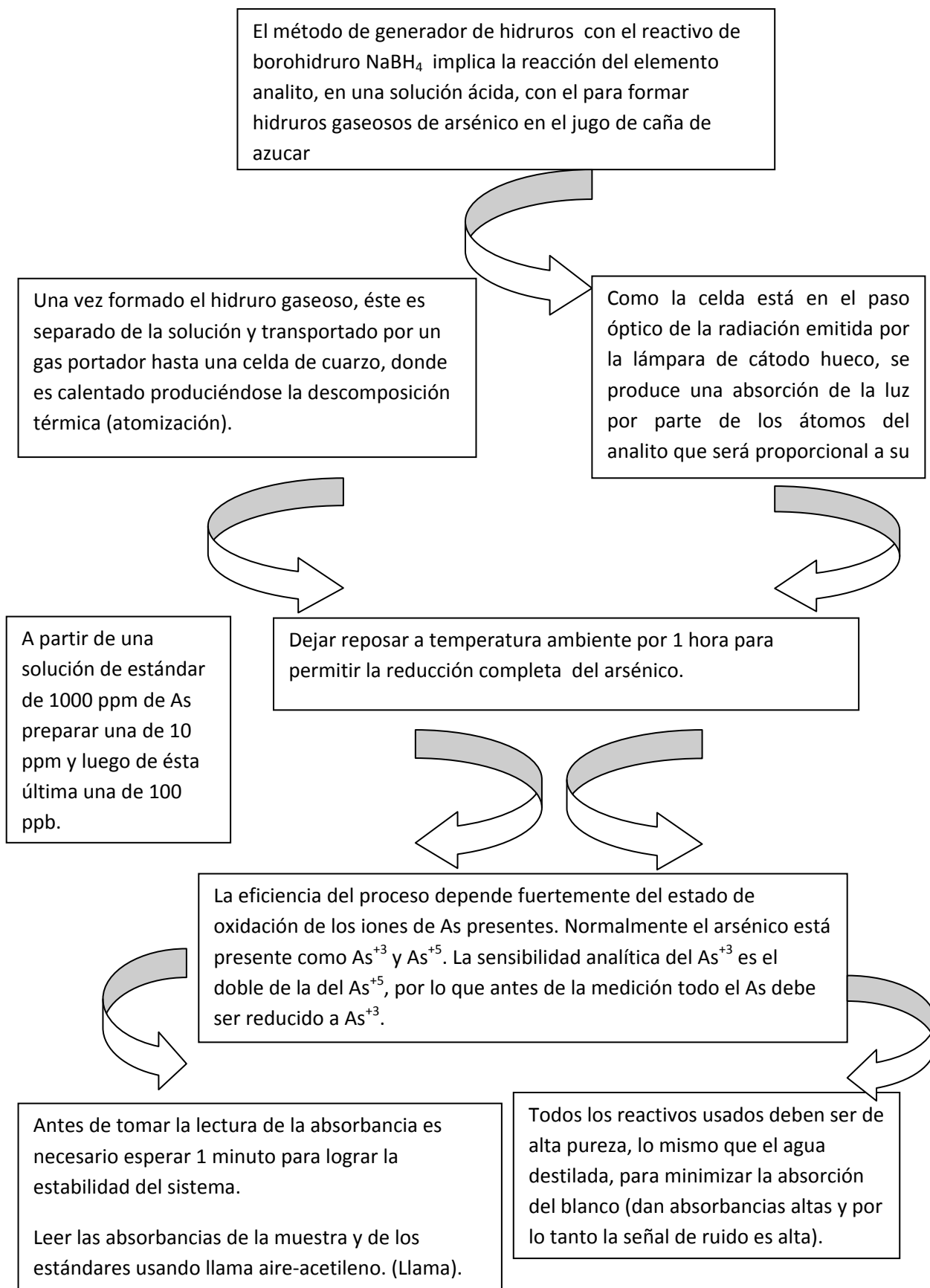


Figura N°16. Parámetros del equipo Shimadzu aa-6800 software: winlab



FiguraN°17: Parámetros del software: winlab

2.3.5 Flujograma del método absorción atómica por generador de hidruros



2.4 DETERMINACIÓN DE PLOMO POR ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA POR LA TÉCNICA DE HORNO DE GRAFITO

2.4.1 Método empleado: fundamento

Espectrometría de absorción atómica de horno de grafito (GFAAS) es también conocido como espectrometría de absorción atómica electrotrémica (ETAAS). La técnica se basa en el hecho de que los átomos absorben la luz en las frecuencias o longitudes de onda característica del elemento de interés (de ahí el nombre de la espectrometría de absorción atómica). Dentro de ciertos límites, la cantidad de luz absorbida se puede correlacionar linealmente con la concentración de analito. Los átomos de la mayoría de elementos pueden ser producidos a partir de las muestras mediante la aplicación de altas temperaturas. En GFAAS, las muestras se depositan en un tubo de grafito pequeña, que puede ser calentado para vaporizar y atomizar el analito. Un horno de grafito ideal debe cumplir los siguientes requisitos:

- Una temperatura constante en el tiempo y el espacio durante el intervalo en que los átomos libres se producen
- La formación de átomos cuantitativos independientemente de la composición de la muestra
- Control por separado de la volatilización y procesos de atomización
- Alta sensibilidad y buena límites de detección; un mínimo de interferencias espectrales

Habitualmente se analizan muestras de material biológico de origen clínico (sangre, suero, orina, biopsias hepáticas, etc.).

Por su elevada sensibilidad (niveles de ppb), la técnica se aplica en la detección de metales en productos de alta pureza, como por ejemplo fármacos, alimento (peces y carne) y productos industriales, y también en aguas de bebida y de acuíferos (determinación de la presencia de Cu, Cd, Pb, As, Hg, etc.).³⁴

Fortalezas

- Muy buena detección de pequeños tamaños de la muestra
- Precio moderado
- Instrumento muy compacto
- Pocas interferencias espectrales

Limitaciones

- Tiempo de análisis más lento
- Interferencias Químicas
- Limitaciones Elemento
- 1-6 elementos por determinación
- Rango dinámico Limitado³⁵

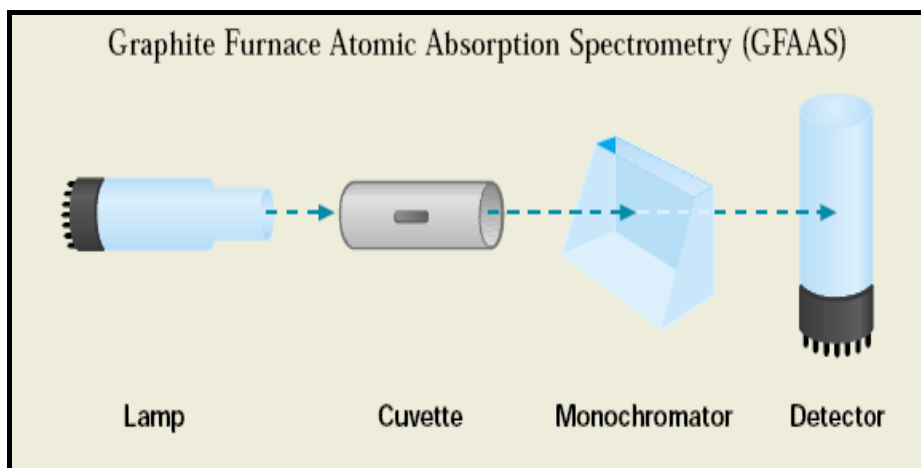


Figura N°18. Partes del equipo de absorción atómica horno de grafito

Preparación de reactivos

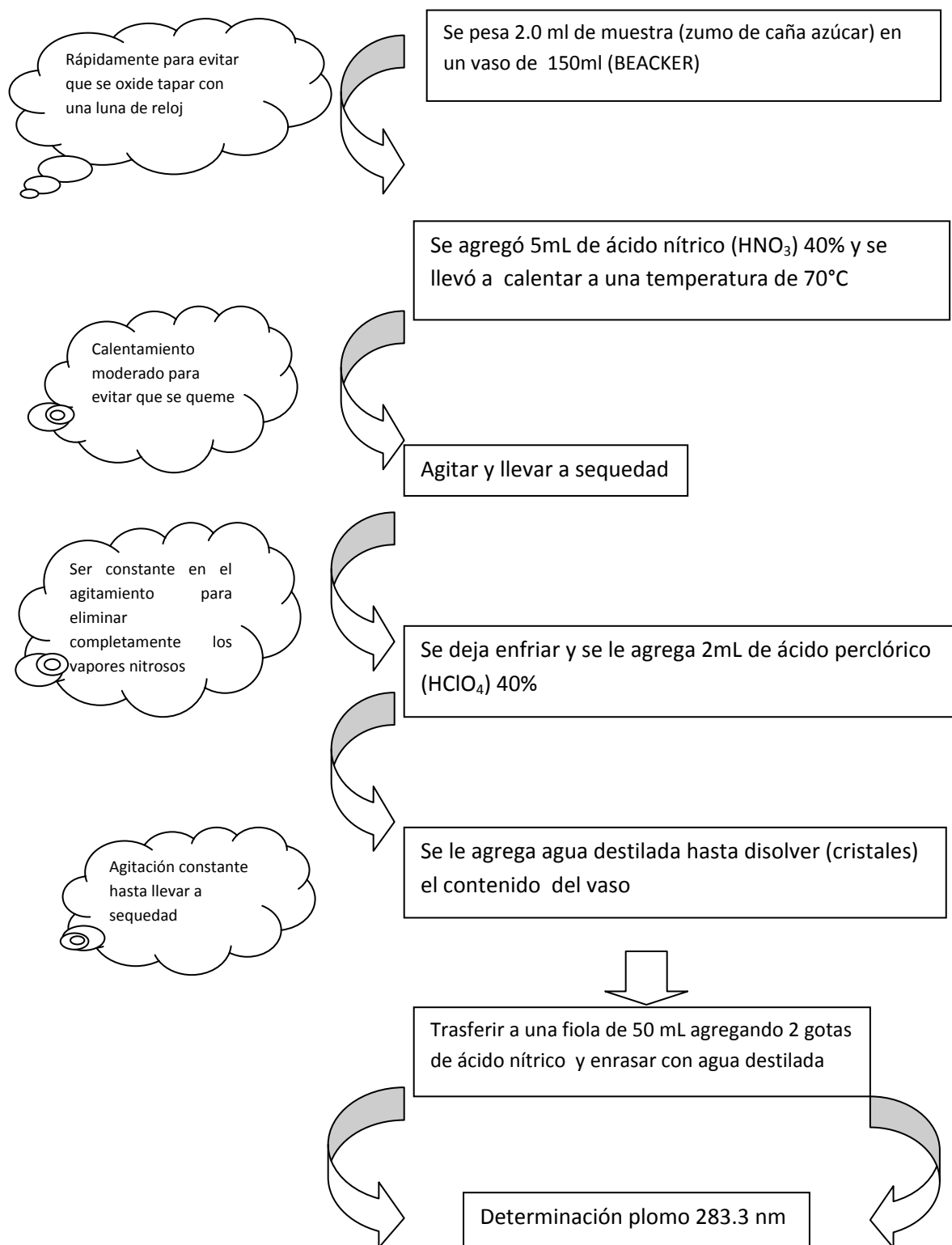
Diluyente, ácido nítrico 0.2%: medir 2 ml de ácido nítrico concentrado ultrapuro y llevar a una fiola de 1 L, enrasar a la marca con agua ultrapura.

2.4.2 Preparación de la muestras

Se pesa 2.0 mL de muestra en un vaso de 150 mL, rápidamente y para evitar que se oxide se tapa con un luna de reloj .agregar 5 ml de ácido nítrico y se lleva a calentar a una temperatura de 70°C (calentar moderadamente para evitar que se queme)

Agitar la muestra constantemente apara eliminar completamente los vapores nitrosos y llevar hasta sequedad .luego al enfriar se le agrega agua destilada hasta disolver el contenido del vaso y transferir a una fiola de 50 mL agregando 2 gotas de ácido nítrico y enrasar con agua destilada

Flujograma de análisis de muestras



2.4.4 Curva de calibración

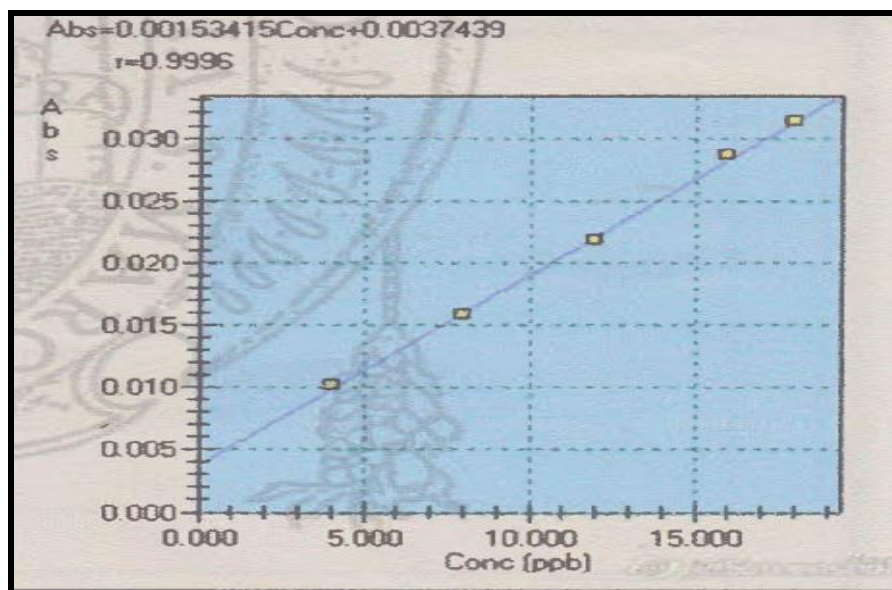
Preparación de estándares

- Para preparar un estándar patrón de plomo ,100 mg/L, se midió 100mL del estándar certificado de 1000 mg/L y se llevó a una fiola de 100mL, luego se enraso con agua ultrapura .el estándar tienen una duración de 6 meses.
- Para el estándar de plomo 10 mg/L: se midió 10 mL de estándar patrón y luego se llevó a una fiola de 100mL, para enrasar con diluyente este estándar tiene una duración de 3 meses
- Para el estándar de plomo 1mg/L se midió 10mL del estándar de 10mg/L y luego se llevó a una fiola de 100mL, para enrasar con el diluyente tiene una semana de duración
- Para el estándar de plomo 200 µg/L se midió del estándar de 1mg/L y luego se llevó a una fiola de 10mL para enrasar con el diluyente se tiene que preparar diariamente.
- Los estándares de calibración obtenidos son de 4 µg/µL, 8 µg/µ L, 12 µg/µL, el equipo prepara automáticamente estos estándares a partir de estándar de 20 µg/µL.

Se preparó un blanco de calibración con agua ultrapura siguiendo el procedimiento anterior

Tabla N°21. Curva de calibración

Concentración ppb (µg/L)	Absorbancia
4	0.0101
8	0.0158
12	0.0219
16	0.0286
18	0.0312



FiguraN°19: Curva de calibración de estándares de arsénico

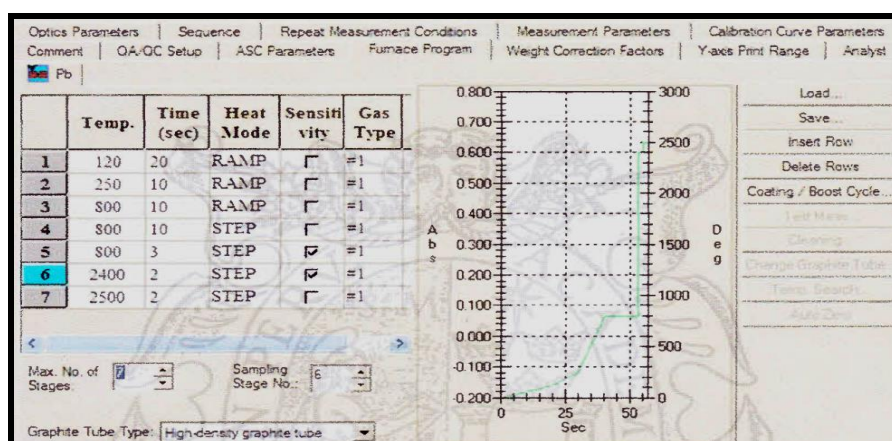


Figura N°20: Parámetros del software: WINLAB

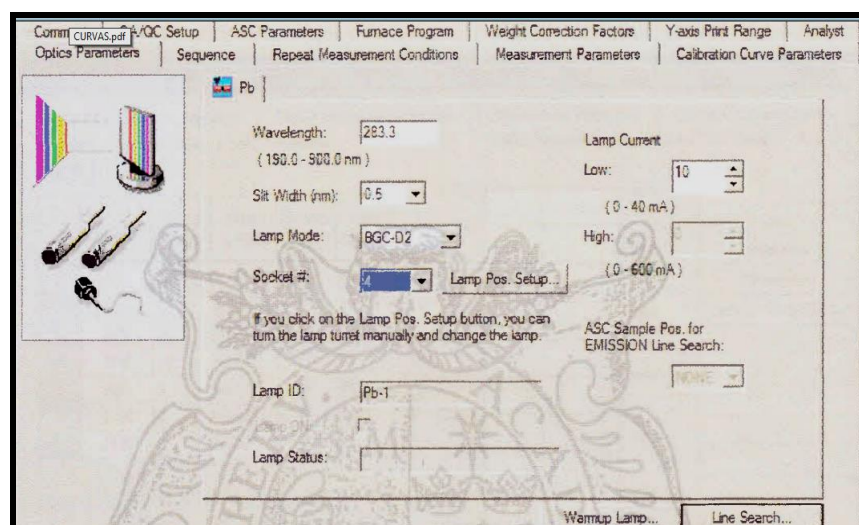


Figura N° 21: Parámetros del equipo SHIMADZU AA-6800 software: WINLAB

Medición

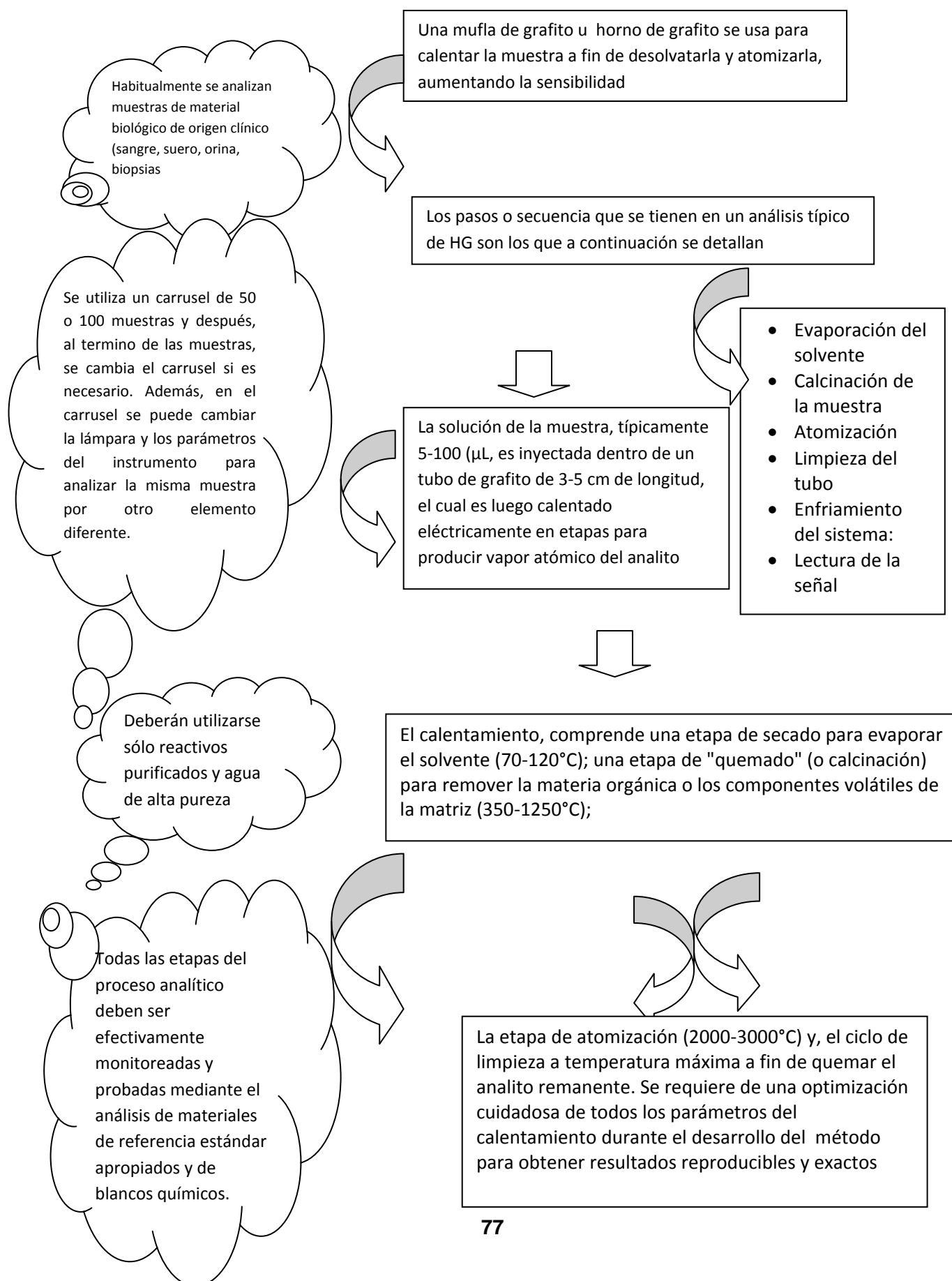
Se encendió el equipo de absorción atómica SHIMADZU AA6800 el equipo de horno de grafito GFA-EX7 con inyector automático (autosampler) y la computadora, se colocó la lámpara de cátodo hueco de plomo, siguiendo el procedimiento de operación de horno de grafito HGA-600 se calibró el instrumento, asegurando el alineamiento del autosampler antes de iniciar la corrida analítica también usando el control manual de brazo muestreador, se hizo balancear el brazo sobre el tubo de grafito, sin tocar el borde del hueco con la ayuda de un espejo dental, se observó que el extremo del capilar esté 2 mm por encima de la plataforma del tubo.

Luego se colocó el blanco de calibración del estándar de trabajo de 10 µg/L el blanco reactivo y las muestras a los viales previamente identificados y enumerados correspondientemente para posterior y llevarlos a carrusel del autosampler, programar la calibración automática y chequear la curva de calibración y programar el análisis de las muestras y constatar los resultados.

Las condiciones instrumentales para un análisis de plomo por horno de grafito son

- Se usa corrección de fondo (background)
- Longitud de onda 283.3nm
- Slit 0.5
- Medida de señal : área del pico (A-Pb)
- Tubo de grafito de plataforma
- Temperatura programada del horno de grafito
- Temperatura de secado 120 °C
- Temperatura de pretratamiento 800°C
- Temperatura de atomización 2400°C

2.4.5 Flujograma de análisis determinación de plomo por espectroscopía de absorción atómica por horno de grafito.



III.RESULTADOS

Tabla N°22. Concentración de metales arsénico (As) y plomo (Pb) en “jugo de caña de azúcar” en Lima Metropolitana (noviembre -diciembre 2013)

CÓDIGO DE MUESTRA	REFERENCIA DE LA MUESTRA	HORA	DETERMINACIÓN	RESULTADOS
338-01	Av.28 Julio-Lima Cercado	06:00 p.m.	As	51.8 ppb
338-02	Jr. Puno – Lima Cercado (Paruro)	06:00 p.m.	As	458.39 ppb
338-03	Puente Nuevo-El Agustino	10:00 a.m.	As	<1ppb
338-04	Puente Nuevo-El Agustino	06:00 p.m.	As	< 1ppb
338-05	Av. Caquetá-Rímac	06:00 p.m.	As	< 1ppb
338-06	Av. Wiese Prdo. 7-S.J.L	06:00 p.m.	AS	< 1ppb
338-07	Av. Próceres Independencia-S.J.L	06:00 p.m.	AS	< 1ppb
338-08	Av. Caquetá-Rímac	10:00 a.m.	AS	< 1ppb
338-09	Av. Aviación-La Victoria	10:00 a.m.	As	< 1ppb
338-10	Av.28 Julio Cercado- Lima	10:00 a.m.	AS	< 1ppb
338-11	Av.Parinacochas 1-La Victoria	06:00 p.m.	AS	< 1ppb
338-12	Av.Parinacochas 2-La Victoria	06:00 p.m.	AS	< 1ppb
338-13	Av. Aviación-La Victoria	06:00 p.m.	AS	< 1ppb
338-14	Av. Próceres Independencia-S.J.L	10:00 a.m.	As	< 1ppb
338-15	Av. Parinacochas 1-La Victoria	06:00 p.m.	Pb	498.42 ppb
338-16	Puente Nuevo-El Agustino	10:00 a.m.	Pb	42.91 ppb
338-17	Puente Nuevo-El Agustino	06:00 p.m.	Pb	500.87 ppb
338-18	Av. Wiese Prdo. 7-S.J.L	10:00 a.m.	Pb	214.35 ppb
338-19	Av. Aviación-La Victoria	06:00 p.m.	Pb	121.01 ppb
338-20	Jr. Puno-Lima Cercado (Paruro)	10:00 a.m.	Pb	248.39 ppb
338-21	Av. Próceres de Independencia-S.J.L	10:00 a.m.	Pb	215.11 ppb
338-22	Av. Caquetá-Rímac	06:00 p.m.	Pb	618.18 ppb
338-23	Jr. Puno-Lima Cercado (Paruro)	06:00 p.m.	Pb	305.29 ppb
338-24	Av. Caquetá-Rímac	10:00 a.m.	Pb	487.62 ppb
338-25	Av.Parinacochas 2-La Victoria	06:00 p.m.	Pb	382.53 ppb
338-26	Av.Próceres Independencia-S.J.L	06:00 p.m.	Pb	487.62 ppb
338-27	Av. 28 Julio Cercado Lima	06:00 p.m.	Pb	183.19 ppb
338-28	Av. 28 Julio Cercado Lima	10:00 a.m.	Pb	446.68 ppb
338-29	Acho- Av.Evitamiento	06:00 p.m.	As	< 1ppb
338-30	Acho- Av.Evitamiento	10:00 a.m.	Pb	< 1ppb
338-31	Jr.Puno-Av.Abancay-Lima Cercado	10:00 a.m.	Pb	213.48 ppb
338-32	Av. Wiese pdo 7-S.J.L	06:00 p.m.	Pb	1354.72 ppb
338-33	Av. Aviación-La Victoria	10:00 a.m.	Pb	408.74 ppb
338-34	Jr. Puno-Lima Cercado (Paruro)	10:00 a.m.	As	< 1ppb
338-35	Jr. Puno-Abancay-Lima Cercado	10:00 a.m.	As	< 1ppb
338-36	Av. Wiese Pdo.7 -S.J.L	10:00 a.m.	As	< 1ppb
338-37	AV.28 Julio-Parada	06:00 p.m	As	74.58 ppb
338-38	Av.28 Julio-Parada	06:00 p.m.	Pb	825.16 ppb
338-39	Acho- Av.Evitamiento	06:00 p.m.	Pb	372.52 ppb
338-40	Acho-Av.Evitamiento	10:00 a.m.	Pb	995.27 ppb

Tabla N° 23. Concentración según la hora de la toma de muestra

<div> <div>METAL</div> <div>DISTRITO- LUGAR</div> </div>		ARSÉNICO(AS)		PLOMO(Pb)	
		10:00 a.m.	06:00 p.m.	10:00 a.m.	06:00 p.m.
Lima Cercado	Av.28 Julio Alt. Vía Expresa	<1ppb	51.80 ppb	446.68ppb	183.19ppb
	Jr. Puno -Alt Jr. Paruro	<1ppb	458.39ppb	248.39ppb	305.29ppb
	Jr. Puno-Abancay	<1ppb	-	213.48ppb	-
La Victoria	Av.28 Julio- Parada	-	74.58ppb	-	825.16 ppb
	Av. Aviación-Parada	<1ppb	<1ppb	408.74ppb	121.01ppb
	Av. Parinacochas 1 (Gamarra)	-	<1ppb	-	498.42 ppb
	Av. Parinacochas 2 (Av. México)	-	1ppb	-	382.53 ppb
San Juan de Lurigancho	Av. Wiese Pdto.7	<1ppb	<1ppb	214.35ppb	1354.72ppb
	Av. Prócer de Indep.-paradero Bancharo	<1ppb	<1ppb	215.11ppb	487.62ppb
Rímac	Acho-corredor vial Evitamiento	<1ppb	<1ppb	995.27ppb	372.52ppb
	Av. Caquetá- Mercado de frutas	<1ppb	<1ppb	487.62ppb	618.18ppb
El Agustino	Puente Nuevo Alt. Av. Circunvalación	<1ppb	<1ppb	42.91ppb	500.87ppb

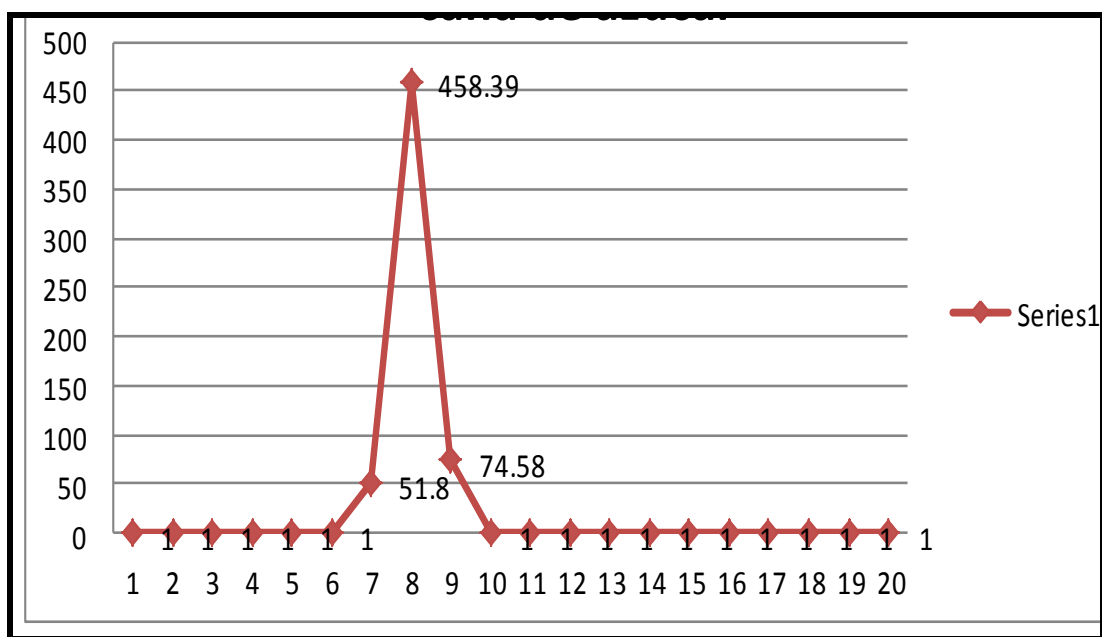


Figura N°22. Concentración de arsénico vs. Cantidad de muestras

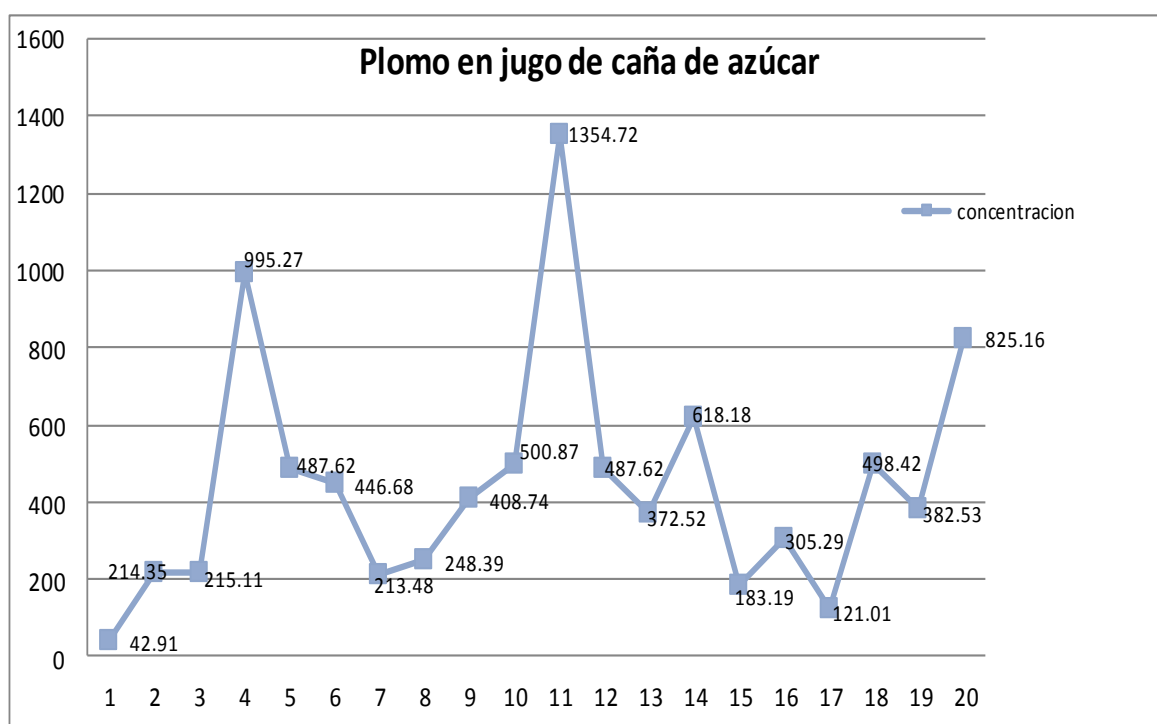


Figura N°26. Concentración de plomo vs. Cantidad de muestras

3.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS PARA EL METAL ARSÉNICO EN “JUGO DE CAÑA DE AZÚCAR”

Tabla N°24. Concentración de arsénico a las 10:00 am y 6:00 pm

METAL DISTRITO- LUGAR		ARSÉNICO(As)	
		10:00 a.m.	06:00 p.m.
Lima Cercado	Av.28 Julio Alt. Vía Expresa	<1ppb	51.80 ppb
	Jr. Puno -Alt Jr. Paruro	<1ppb	458.39ppb
	Jr.Puno-Abancay	<1ppb	-
La Victoria	Av.28 Julio- Parada	-	74.58ppb
	Av. Aviación-Parada.	<1ppb	<1ppb
	Av. Parinacochas 1 (Gamarra)	-	<1ppb
	Av. Parinacochas 2 (Av. México)	-	1ppb
San Juan de Lurigancho	Av. Wiese. Paradero 7	<1ppb	<1ppb
	Av. Próceres de Indep.-paradero Banhero	<1ppb	<1ppb
Rímac	Acho-corredor vial Evitamiento	<1ppb	<1ppb
	Av. Caquetá-Mercado de frutas	<1ppb	<1ppb
El Agustino	Puente Nuevo Alt. Av. Circunvalación	<1ppb	<1ppb

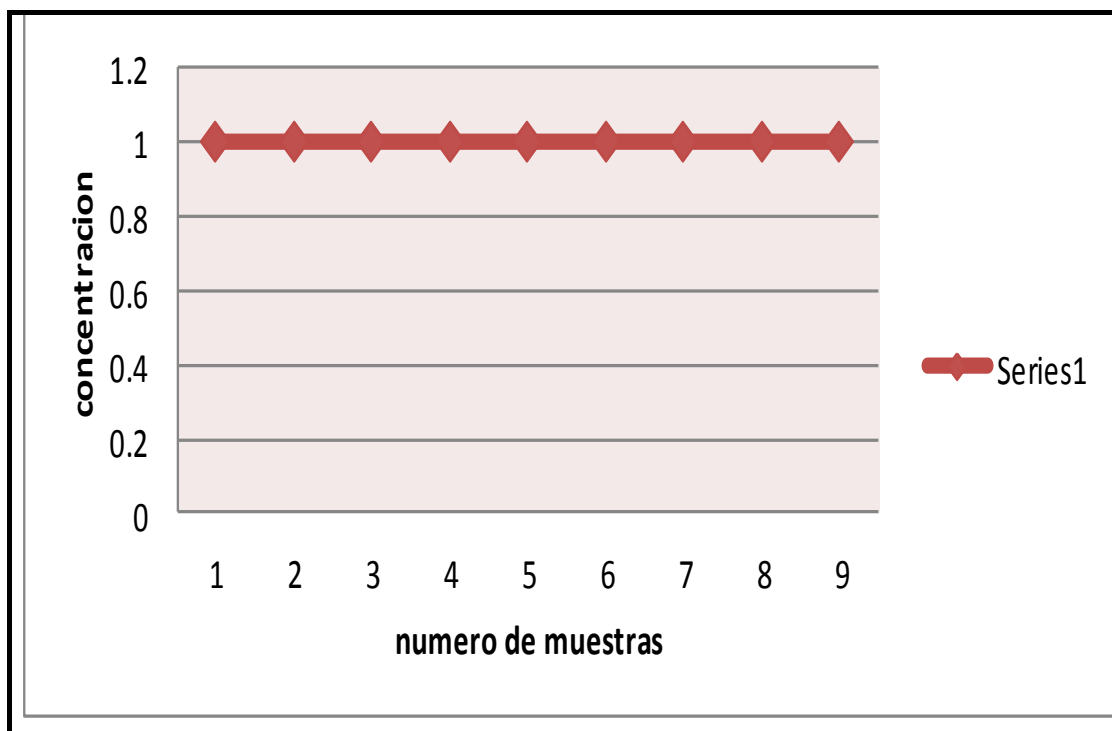


Figura N° 23. Concentración de arsénico vs Cantidad de muestras tomadas a las 10:00 am

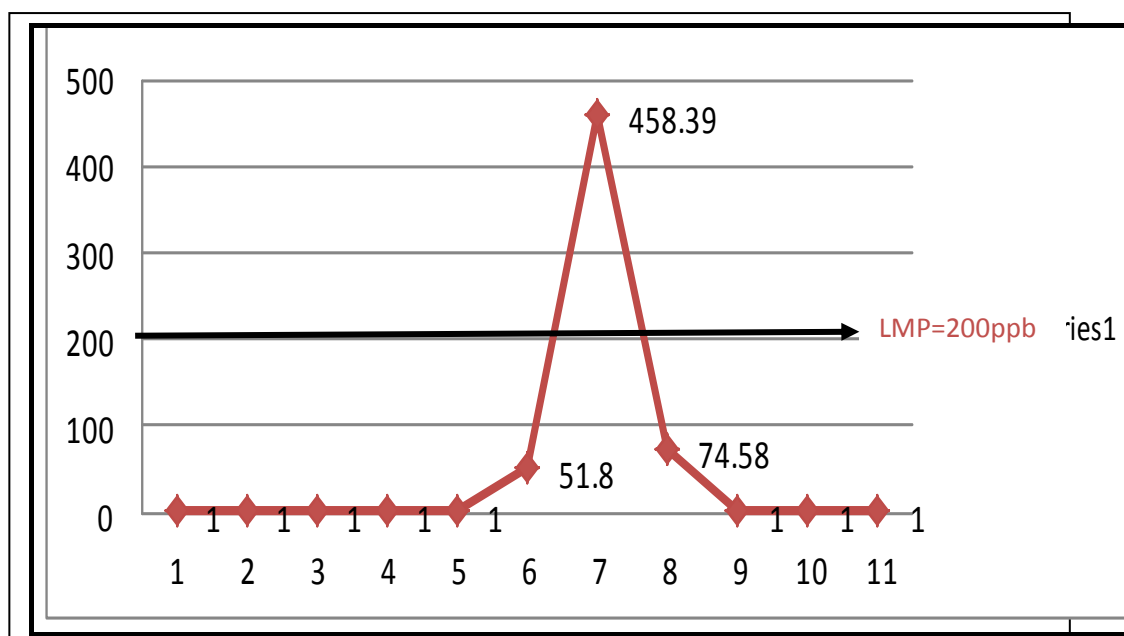


Figura N°24. Concentración arsénico vs. Cantidad de muestras a las 6:00pm

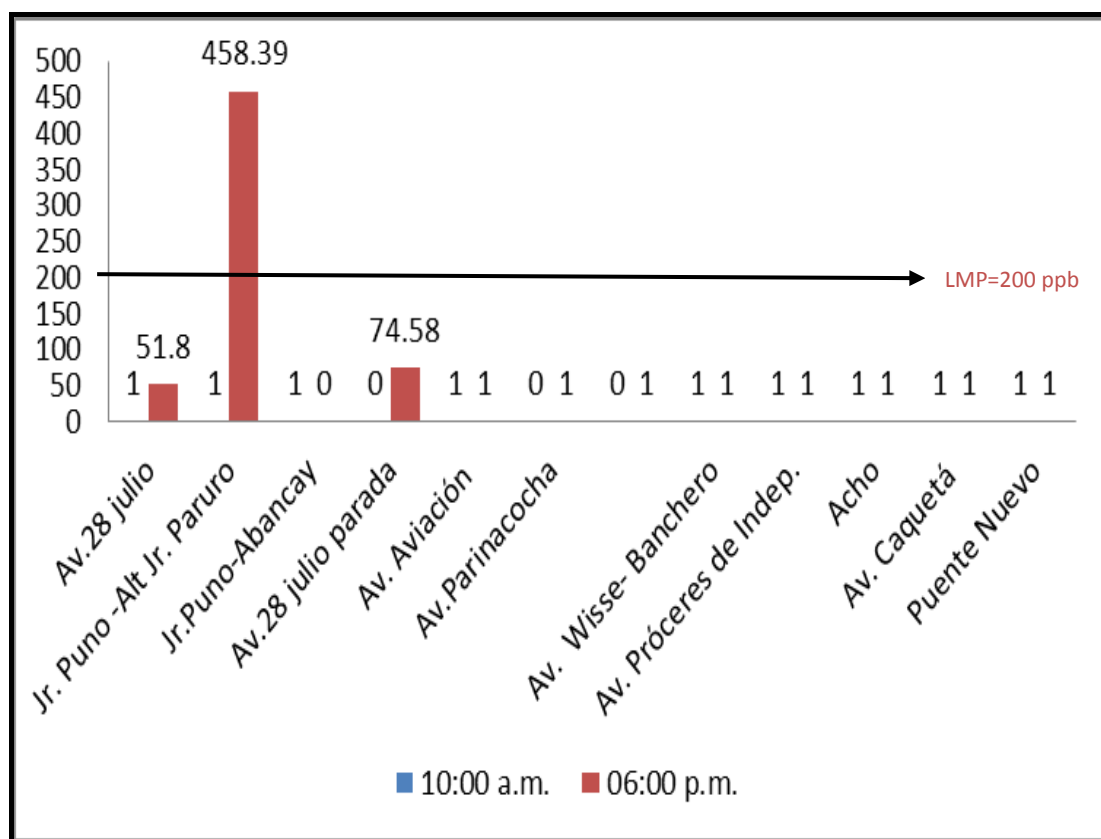


Figura N°25. Comparación de concentración de arsénico a las 10 am y 6:00 pm

Tabla N° 25. Análisis estadísticos de las concentraciones de arsénico en jugo de caña en las 20 muestras

Determinación de arsénico	Σ total de concentraciones	Total de muestras	Media (\bar{X})
Jugo de caña de azúcar	584.77 ppb	20	29.23 ppb

Media (\bar{X})	$\Sigma(X_n - \bar{X})^2$	n-1	Desviación estándar $\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma(X_n - \bar{X})^2}{n-1}}$	Coefficiente de variación porcentual CV%
29.23 ppb	201269.012	19	102.9228	352.11%

Total de muestras	Media (\bar{X})	Mínimo	Máximo
20	29.23 ppb	Menor a 1 ppb	458.39

Tabla N°26. Análisis estadístico de la concentración de arsénico en jugo de caña a las 10:00 am

Determinación de arsénico	Σ total de concentraciones	Total de muestras	Media (\bar{X})
Jugo de caña de azúcar	Menor a 9 ppb	9	Menor a 1ppb

Media (\bar{X})	$\Sigma(X_n - \bar{X})^2$	n-1	Desviación estándar $\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma(X_n - \bar{X})^2}{n-1}}$	Coefficiente de variación porcentual CV%
Menor a 1ppb	Menor a 8	8	Menor a 1	N.A

Total de muestras	Media (\bar{X})	Mínimo	Máximo
9	Menor a 1ppb	Menor a 1ppb	Menor a 1ppb

Tabla N°27. Análisis estadístico de la concentración de arsénico en jugo de caña a las 6:00 pm

Determinación de arsénico	Σ total de concentraciones	Total de muestras	media(\bar{X})
Jugo de caña de azúcar	584.77	11	53.16 ppb

Media (\bar{X})	$\Sigma(X_n - \bar{X})^2$	n-1	Desviación estándar $\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma(X_n - \bar{X})^2}{n-1}}$	Coefficiente de variación porcentual CV%
53.16 ppb	193579.476	10	136.85	257.43%

Total de muestras	Media (\bar{X})	Mínimo	Máximo
11	53.16 ppb	Menor a 1	458.39

3.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE DETERMINACIÓN DE PLOMO EN JUGO DE CAÑA DE AZÚCAR

Tabla N°28. Concentración de plomo en las 20 muestras de “jugo de caña de azúcar”

METAL DISTRITO- LUGAR		PLOMO (Pb)	
		10:00 a.m.	06:00 p.m.
Lima – Cercado	Av.28 Julio Alt. Vía Expresa	446.68ppb	183.19 ppb
	Jr. Puno -Alt Jr. Paruro	248.39ppb	305.29 ppb
	Jr. Puno-Abancay	213.48ppb	-
La Victoria	Av.28 Julio- Parada	-	825.16 ppb
	Av. Aviación-Parada	40.74ppb	121.01 ppb
	Av. Parinacochas 1 (Gamarra)	-	498.42 ppb
	Av. Parinacochas 2 (Av. México)	-	382.53 ppb
San Juan de Lurigancho	Av. Wiese. Paradero 7	214,35ppb	1354.72 ppb
	Av. Próceres de Indep.-paradero Banchero	215,11ppb	487.62 ppb
El Rímac	Acho-corredor vial Evitamiento	995,27ppb	372.52 ppb
	Av. Caquetá-Mercado de frutas	487,62ppb	618.18 ppb
El Agustino	Puente Nuevo Alt. Av. Circunvalación	42.91ppb	500.87 ppb

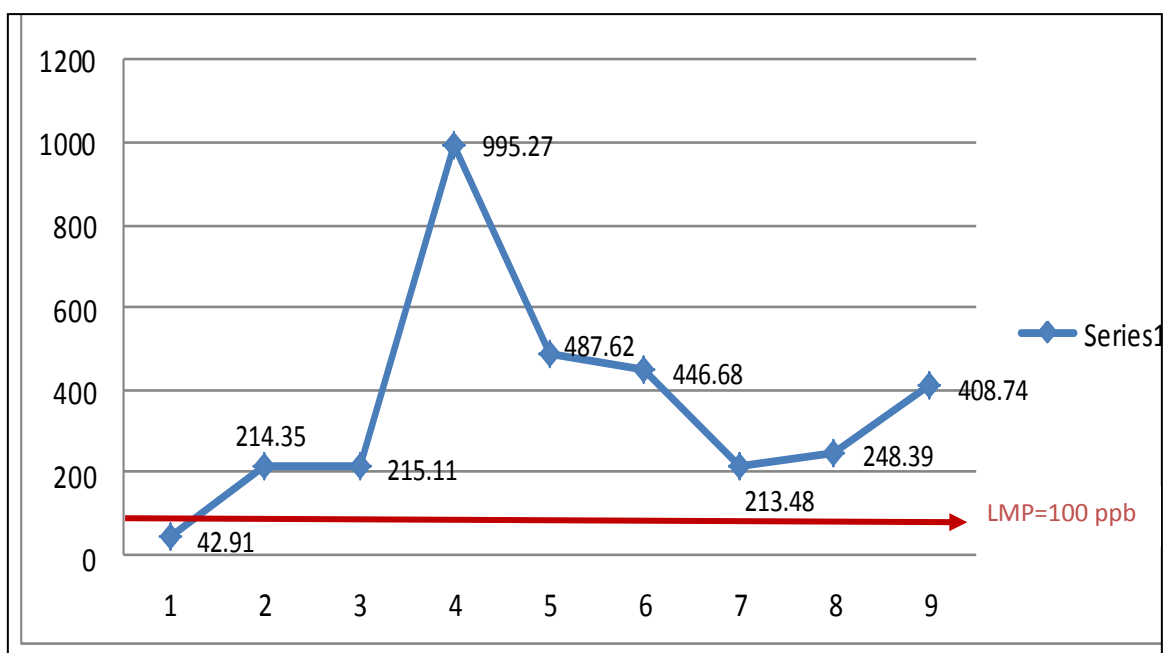


Figura N°27. Concentración de plomo vs. cantidad de muestras 10:00 am

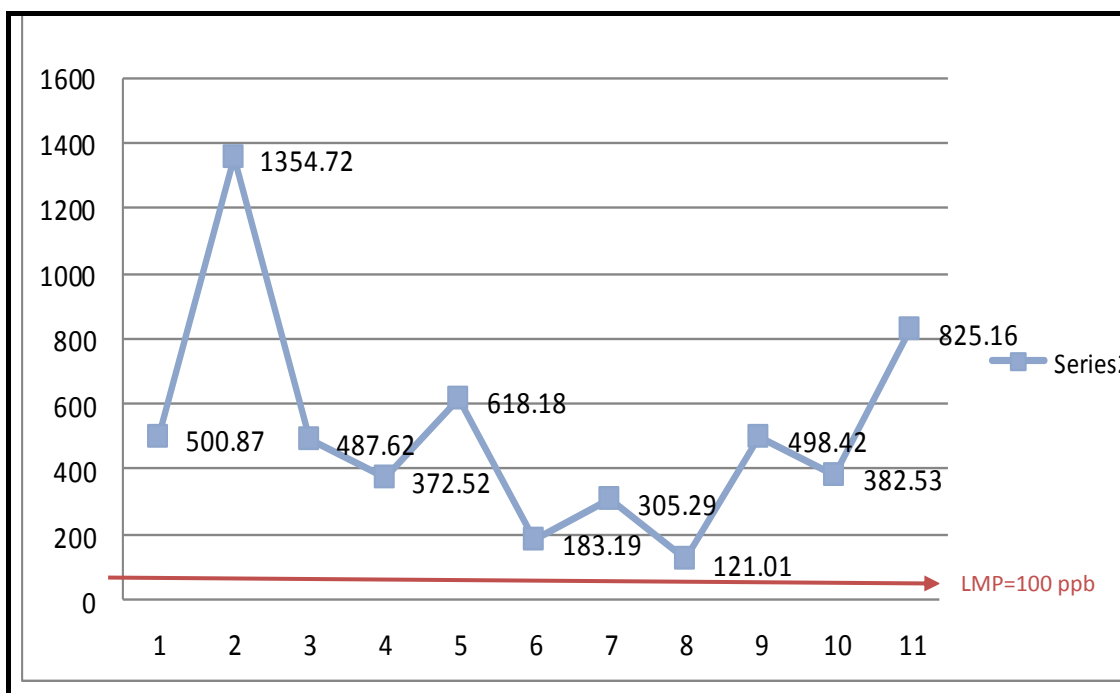


Figura N°28. Concentración de plomo vs. cantidad de muestras 6:00 pm

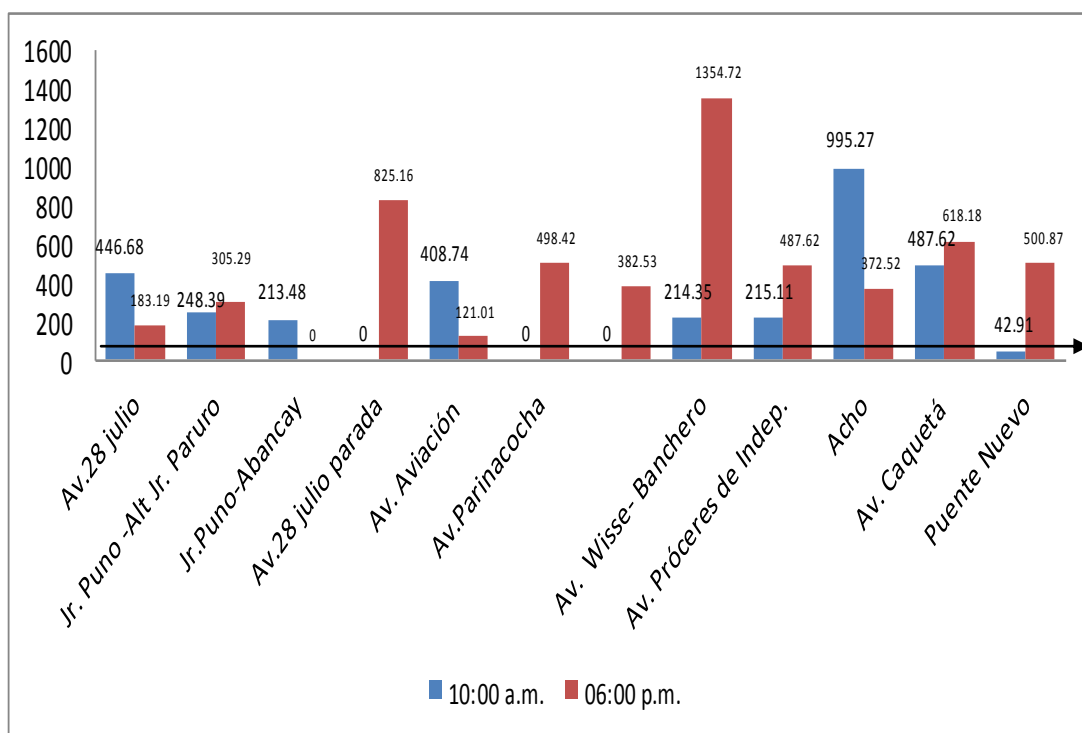


Figura N°29: Comparación de concentración de plomo a las 10:00 am y 6:00 pm

Tabla N°29. Análisis estadístico de la concentración de plomo en jugo de caña en las 20 muestras

Determinación de plomo	Σ total de concentraciones	Total de muestras	media(\bar{X})
Jugo de caña de azúcar	8922.06 ppb	20	446.103 ppb

Media (\bar{X})	$\Sigma(X_n - \bar{X})^2$	n-1	Desviación estándar $\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma(X_n - \bar{X})^2}{n-1}}$	Coefficiente de variación porcentual CV%
446.103	1877972.79	19	314.3893	70.47%

Total de muestras	Media (\bar{X})	Mínimo	Máximo
20	446.103	42.91	1354.72

Tabla N°30. Análisis estadístico concentración de plomo en “jugo de caña de azúcar” a las 10:00 am

Determinación de plomo	Σ total de concentraciones	Total de muestras	Media (\bar{X})
Jugo de caña de azúcar	3272.55 ppb	9	363.616 ppb

Media (\bar{X})	$\Sigma(X_n - \bar{X})^2$	n-1	Desviación estándar $\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma(X_n - \bar{X})^2}{n-1}}$	Coefficiente de variación porcentual CV%
363.616 ppb	606304.13	8	275.296	75.71%

Total de muestras	Media (\bar{X})	Mínimo	Máximo
9	363.616 ppb	42.91	995.27

Tabla N°31. Análisis estadístico de la concentración de plomo en “jugo de caña de azúcar” las 6:00 pm

Determinación de plomo	Σ total de concentraciones	Total de muestras	Media (\bar{X})
Jugo de caña de azúcar	5649.51 ppb	11	513.59 ppb

Media (\bar{X})	$\Sigma(X_n - \bar{X})^2$	n-1	Desviación estándar $\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma(X_n - \bar{X})^2}{n-1}}$	Coefficiente de variación porcentual CV%
513.59	1160330.55	10	340.63	66.32%

Total de muestras	Media (\bar{X})	Mínimo	Máximo
11	513.59	121.01	1354.72

TABLA N° 32. Muestras de “jugo de caña de azúcar” que exceden los límites máximos permisibles (LMP) de arsénico y plomo

Distrito	Referencia de la muestra	Determinación	Resultados	Límite máximo permisible (LMP)	
				EXCEDEN	NO EXCEDEN
Lima-Cercado	Av.28 Julio Alt. Vía expresa	As	51.8 ppb		X
	av.28 julio Alt. Vía expresa	As	< 1ppb		X
	Av.28 julio Alt. Vía expresa	Pb	183.19 ppb	X	
	Av.28 julio Alt. Vía expresa	Pb	446.68 ppb	X	
	Jr. Puno-Alt. Jr. Paruro	As	< 1ppb		X
	Jr. Puno- Av. Abancay	As	< 1ppb		X
	Jr. Puno-Alt. Jr Paruro	As	458.39 ppb	X	
	Jr. Puno- Av. Abancay	Pb	213.48 ppb	X	
	Jr. Puno- Alt. Jr. Paruro	Pb	305.29 ppb	X	
	Jr. Puno- Alt. Jr. Paruro	Pb	248.39 pbb	X	
La Victoria	Av. Parinacochas 2	As	< 1ppb		X
	Av. Parinacochas 1	As	< 1ppb		X
	Av. Parinacochas 1	Pb	498.42 ppb	X	
	Av. Parinacochas 2	Pb	382.53 ppb	X	
	Av. Aviación Alt. Parada	As	< 1ppb		X
	Av. Aviación Alt. Parada	As	< 1ppb		X
	Av. Aviación Alt. Parada	Pb	121.01 ppb	X	
	Av. Aviación Alt Parada	Pb	408.74 ppb	X	
	AV.28 Julio-Parada	As	74.58 ppb		X
	Av.28 Julio-Parada	Pb	825.16 ppb	X	
San Juan de Lurigancho	Av. Próceres Indep. Prdo. Banchero	As	< 1ppb		X
	Av. Próceres Indep. Prdo. Banchero	As	< 1ppb		X
	Av. Próceres Indep. Prdo. Banchero	Pb	215.11 ppb	X	
	Av. Próceres indep. Prdo. Banchero	Pb	487.62 ppb	X	
	Av. Wiese Prdo.7	Pb	214.35 ppb	X	
	Av. Wiese Prdo.7	Pb	1354.72 ppb	X	
	Av. Wiese Prdo.7	As	< 1ppb		X
	Av. Wiese Prdo 7	As	< 1ppb		X
Rímac	Acho corredor vial Evitamiento	As	< 1ppb		X
	Acho corredor vial Evitamiento	As	< 1ppb		X
	Acho corredor vial Evitamiento	Pb	995.27 ppb	X	
	Acho corredor vial Evitamiento	Pb	372.52 ppb	X	
	Av. Caquetá Alt. Mercado frutas	Pb	618.18 ppb	X	
	Av. Caquetá Alt. Mercado frutas	As	< 1ppb		X
	Av. Caquetá Alt. Mercado frutas	Pb	487.62 ppb	X	
	Av. Caquetá Alt. Mercado frutas	As	< 1ppb		X
El Agustino	Pte. Nuevo Alt.	As	<1pb		X
	Pte. Nuevo Alt.	Pb	500.87 ppb	X	
	Pte. Nuevo Alt.	Pb	42.91 ppb		X
	Pte. Nuevo Alt.	As	< 1ppb		X

*según OMS, Codex Alimentarius, FDA el límite máximo permisible (LMP) para el jugo de caña de azúcar es 200 ppb (0,2mg/kg) de arsénico y 100ppb (0,1mg/kg) de plomo ^{6, 28,39}

Tabla N° 33. Porcentaje de muestras que exceden el Límite máximo Permisible de Plomo

LMP	NRO DE MUESTRAS	PORCENTAJE
Exceden	19	95%
No exceden	1	5%
TOTAL	20	100%

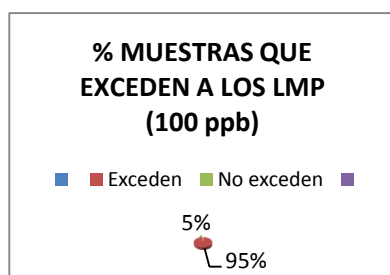


Figura N°30. Porcentaje de muestras de jugo de caña que exceden los LMP de plomo

Tabla N° 34. Porcentaje de muestras que exceden el Límite Máximo Permisible arsénico

LMP	número de muestras	porcentaje
EXCEDEN	1	5%
NO EXCEDEN	19	95%
TOTAL		100%

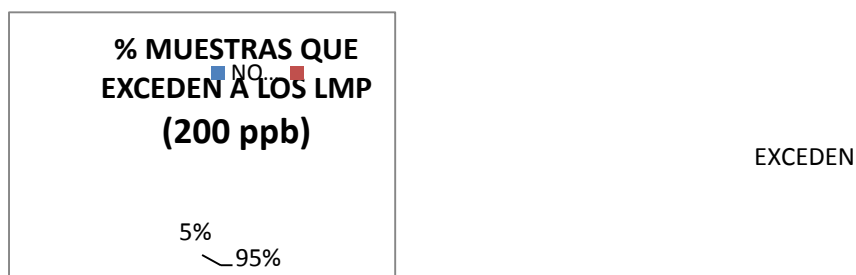


Figura N°31. Porcentaje de muestras que excede los LMP de 200 ppb de arsénico

Tabla N°35. Muestras que exceden el límite máximo permisible de Arsénico por distrito

Distrito	total de muestras para análisis de arsénico	Exceden	porcentaje de muestra que exceden en el distrito	porcentaje por el total
Lima Cercado	5	1	20%	5%
La Victoria	5	0	0%	0%
San Juan de Lurigancho	4	0	0%	0%
El Rimac	4	0	0%	0%
El Agustino	2	0	0%	0%
TOTAL	20	0		95%

Tabla N°36. Muestras que exceden el límite máximo permisibles de plomo por distrito

Distrito	total de muestras para análisis de plomo	Exceden	porcentaje de muestra que exceden en el distrito	porcentaje por el total de muestras
Lima Cercado	5	5	100%	25%
La Victoria	5	5	100%	25%
San Juan de Lurigancho	4	4	100%	20%
Rímac	4	4	100%	20%
El Agustino	2	1	50%	5%
TOTAL	20	19		95%

Tabla N°37. Lugar en donde la concentración de arsénico excede el límite máximo permisible (LMP)

Distrito	lugar de muestra	Hora de muestreo	Concentración
Lima	*Jr. Puno- Alt. Jr. Paruro	6:00pm	458.39 ppb

*el valor obtenido representa la concentración máxima (Jr. Puno- Alt. Jr. Paruro distrito Lima Cercado)

- Se determinó una concentración relativamente mayor en la Av. 28 de Julio Lima Cercado de 51.8 ppb y en la Av. 28 Julio Parada 74.58 ppb.
- Las dos muestras fueron recolectadas a las 6:00 p.m.

Tabla N°38. Porcentaje de muestras para arsénico que superan los LMP límites máximos permitidos según la hora recolectada

LMP 200 ppb (µgAs /L)	muestras tomadas a las 10:00a.m	porcentaje	muestras tomadas a las 6:00p.m	porcentaje
exceden	0	0%	3	27.2%
No exceden	9	100%	8	72.8%
total	9	100%	11	100%

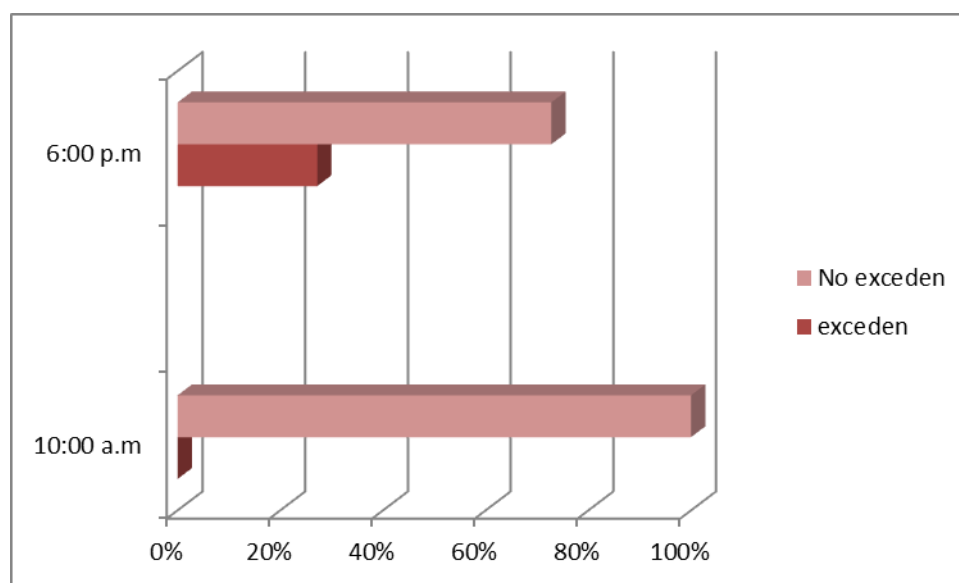


Figura N° 32. Porcentaje de muestras para arsénico que superan los LMP límites máximos permitidos según la hora recolectada

Tabla N°39. Porcentaje de muestras para plomo que superan los LMP límites máximos permitidos según la hora recolectada

LMP 100 ppb ($\mu\text{g Pb/L}$)	muestras tomadas a las 10:00 a.m.	porcentaje	muestras tomadas a las 6:00 p.m.	porcentaje
exceden	7	77.8%	11	100%
No exceden	2	22.2%	0	0%
total	9	100%	11	100%

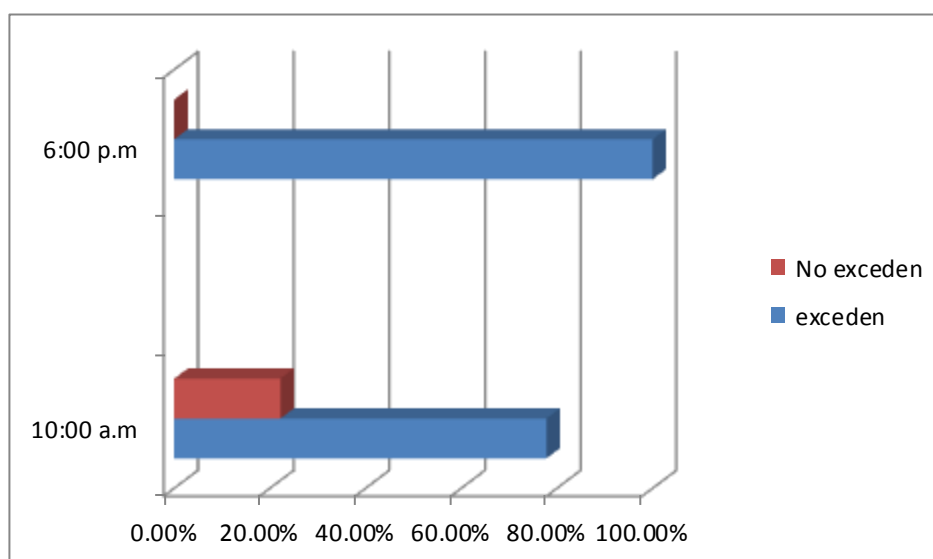


Figura N°33. Porcentaje de muestras para plomo que superan los LMP límites máximos permitidos según la hora recolectada

Tabla N°40. Lugar en donde las concentraciones de plomo exceden los (LMP)

Distrito	Lugar de muestreo	Hora de muestreo	Concentración (ppb)
Lima-Cercado	Av. 28 Julio Alt. Vía expresa	10:00 am	446.68
	Av. 28 Julio Alt. Vía Expresa	6:00 pm	183.19
	Jr. Puno - Alt. Jr. Paruro	10:00 am	248.39
	Jr. Puno - Alt. Jr. Paruro	6:00 pm	305.29
	Jr. Puno - Abancay	10:00 am	213.48
La Victoria	AV. Parinacochas 1	6:00 pm	458.42
	Av. Parinacochas 2	6:00 pm	382.53
	Av.28 de Julio	6:00 pm	825.16
	Av. Aviación	10:00 am	408.74
	Av. Aviación	6:00pm	121.01
San Juan de Lurigancho	Av. Wiese Prdo.7	10:00 am	214.35
	*Av. Wiese Prdo.7	6:00 pm	1354.72
	Av. Próceres de Indep.Prdo. Banchero	10:00am	215.11
	Av. Próceres de Indep.Prdo. Banchero	6:00 pm	487.62
Rímac	Av. Caquetá Alt. Mercado de frutas	10 :00 am	487.62
	Av. Caquetá Alt. Mercado de frutas	6:00 pm	618.18
	Acho. Vía de Evitamiento	10:00 am	995.27
	Acho. Vía de Evitamiento	6:00 pm	372.52
El Agustino	Puente Nuevo Alt. Av. Circunvalación	6:00 pm	500.87

- La máxima concentración de plomo fue 1354.72ppb (Av. Wiese paradero 7 - San Juan De Lurigancho).

IV. DISCUSIÓN

La contaminación ambiental es uno de los referentes para poder hacer monitorizaciones constantes de los límites máximos permisibles (LMP) de arsénico y plomo en jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) siendo uno de los vegetales más importantes y una fuente inagotable de riqueza para los países en que se cultiva. El jugo de la caña de azúcar cruda, pelada, fermentada, es una bebida agradable, muy sana y fortificante, tiene una real eficacia en la diabetes (sacarina) ³⁶. Determinar los metales en diferentes matrices suele ser difícil y poco exacto, por lo que se hace necesario realizar un pretratamiento a las muestras para este tipo de análisis, buscando eliminar interferencias mejorando su detección y cuantificación analítica para las diferentes matrices. Si no se realiza un pretratamiento adecuado a la muestra, se corre el riesgo de que en la determinación de estos metales, se obtengan valores de concentración diferentes a los que realmente están contenidos en éstas, debido a que éste contenido de metales casi siempre se encuentra en concentraciones trazas o muy bajas, dificultando así su detección y cuantificación. A su vez se trató los envases de polietileno con ácido nítrico (60%) que es fuerte agente oxidante, permite la disolución de metales, descompone las muestras orgánicas y biológicas. En todo el proceso de análisis se tomó las precauciones necesarias como en la conservación y transporte de muestras, como se trataban de muestras biológicas era necesario transportarlas refrigeradas a 5-8°C, además para reducir los riesgos de alteraciones de absorción y oxidación por contacto con la atmósfera se tapó inmediatamente y herméticamente evitando su prolongado exposición al aire y la luz.

Los resultados de este trabajo de investigación han determinado la presencia y concentración de arsénico y plomo en ppb ($\mu\text{g/L}$) en “jugo de caña de azúcar” (*Saccharum officinarum*), en 40 muestras provenientes de 5 distritos de Lima Metropolitana en tal sentido se puede apreciar la distribución y la cantidad de muestras tomada por distrito (tabla N° 17) el 25% corresponden a Lima Cercado, el 25% La Victoria, el 20% al distrito de Rímac, 20% a San Juan de Lurigancho y 10% de muestras al distrito del Agustino. De las 40 muestras de jugo de caña de azúcar el 50% eran para determinar la concentración de plomo y 50% eran para determinar concentración de arsénico, los lugares de muestreo fueron los distritos más populosos y con mayor carga vehicular según Gestión de transporte urbano de Lima (GTU) y estudios de impacto ambiental (Ministerio del Ambiente).³⁷

En el tabla N°25, donde se detalla los valores de concentración de arsénico en jugo de caña de azúcar, se observa una concentración media de 29.23 ppb ($\mu\text{g As/L}$) cifras máximas son 458.39 ppb y mínima menor a 1ppb aunque el promedio este por debajo del límite máximo permisible 200 ppb según la OMS, FAO y Codex Alimentarius. El valor máximo 458.39 ppb está fuera de lo permitido, esta muestra fue tomada en el distrito de Lima Cercado en el Jr. Puno, altura de Jr. Paruro y a las 6:00 p.m. se podría establecer la causa porque existe una relación a la exposición prolongada al ambiente contaminado ya que en dicho perímetro se hacen mantenimiento, venta de equipos, piezas y herramienta metálicas en general. Estudios anteriores demuestran que existe una relación directa con la exposición ambiente y el arsénico.³⁸

En el tabla N°29, donde se detalla los valores de concentración de plomo en jugo de caña de azúcar, se observa una concentración media de 446.103 ppb ($\mu\text{g Pb/L}$) cifras máximas son 1354.7 ppb y mínima 42.91 ppb el promedio está por encima del límite máximo permisible según la OMS, FAO y Codex Alimentarius que es 100 ppb. El valor máximo 1354.37 ppb muestra que fue tomada en el distrito de San Juan de Lurigancho Av. Wiese en el paradero 7 Alt. José Carlos Mariátegui a las 6:00 pm esto tal vez está relacionado al lugar de venta que es una avenida principal muy congestionada con alto tráfico vehicular estudios demuestran que el parque automotor es causante de la altas concentración de plomo en aire, suelo³, por ello sería bueno hacer un monitorización en las concentraciones en sangre en los trabajadores o en todo caso determinar la concentración de metales en el aire, suelos ya que los valores deben encontrarse en los niveles máximos de exposición ambiental permisibles según OSHA⁸. Los resultados mostrados han evidenciado que existe una alta concentración de plomo en el medio ambiente ya que la cuantificación de plomo superan los límites máximos permisibles las causas son muy variables pero las consecuencia siempre traen los riesgos y posibles enfermedades por la toxicidad del plomo, sus efectos neurológicos, reproductivos y de hipertensión. El plomo es absorbido inicialmente a través del sistema respiratorio y gastrointestinal, y es la ruta más importante de ingreso para exposiciones laborales.

En el tabla N° 33, se aprecia que 95% de las muestras analizadas para la determinación de plomo exceden los límites máximos permisibles (LMP) que es 100 ppb según OMS, FAO y CODEX Alimentarius y en caso del arsénico (tabla N°34) representa el 5% de muestras que exceden los límites máximos permisibles 200ppb para arsénico en alimentos según OMS, FAO y CODEX Alimentarius. El arsénico representa una amenaza importante para la salud pública. Las principales fuentes de exposición

son: el agua destinada a consumo humano, los cultivos regados con agua contaminada y los alimentos preparados con agua contaminada.

Se plantea tres posibles causas de contaminación observados; se evidenció mala manipulación de la caña de azúcar, a su vez no existe concientización del personal que vende, la falta de criterio en la limpieza e higiene ya que el jugo de caña se obtiene de la extracción con toda la corteza o cubierta a su vez existe una escasez en la limpieza de los rodillos de acero inoxidable aunque existe duda de la procedencia de los equipos metálicos. Los puntos de venta en la mayoría de los casos se realiza en lugares de alta carga de contaminación de plomo y metales como avenidas centrales, centros comerciales de venta de equipos electrónicos .La FDA ha adoptado un cierto número de niveles de acción (ejecutables) y de niveles de preocupación para la presencia del plomo en varios alimentos. Tales niveles se basan en los cálculos que ha hecho la FDA para determinar qué cantidad de plomo puede consumir una persona sin que tenga efectos adversos en su salud³⁹. Por ejemplo, la FDA ha establecido un nivel de acción de 0.5 µg/mL de plomo en productos que sean consumidos por infantes y niños. Así mismo, ha prohibido el uso de latas de comida que tengan soldadura de plomo (FDA 1994 y FDA 1995, citadas en ATSDR 1999).

Se tomó las muestras de “jugo de caña de azúcar” en dos tiempos las 10:00 a.m. y 6:00 p.m. Con el objeto de analizar y comparar los resultados de concentraciones de arsénico y plomo en dichas muestras, se observó que el 90% de comerciantes elegidos tenía sus puestos de venta fijo en cambio el 10% se movilizaba a zonas más transitadas por ello no existe una equidad en la distribución de muestras. En la tabla N°26 el cual se halló el promedio de las concentraciones de arsénico en las muestras recolectado a las 10:00 a.m. fue menor a 1 ppb o no detectable con el coeficiente de variación (CV%=0), las muestras tomadas ha esta hora se encuentran en cantidades ínfimas y en la tabla N°27 la concentración promedio de muestras recolectadas a las 6:00 p.m. es de 53.16 ppb con (CV% =257.43%), el 27.2% de este grupo de muestras analizadas superan el Límite máximo permitido para el arsénico (200 ppb) , en este grupo se halla el máximo valor que fue de 458.39 ppb. En el caso del plomo (tabla N°30) indica que el promedio de la concentración de plomo en muestras recolectadas a las 10:00 a.m. es 363.613 ppb con (CV% =75.71%), con el 77.8% de muestras analizadas que exceden el Límite máximo permisible (100 ppb) y el promedio de concentración de plomo tomado a las 6:00pm (tabla N°31), es de 513.59 ppb con (CV% = 66.32%) observando que el 100% de muestras del grupo tomadas a dicha hora superan el Límite máximo permitido.

Esto indica que la concentración de contaminantes en este caso el plomo ya arsénico es mayor en las tardes esto es debido a muchos factores como la hora punta (mayor carga vehicular), también a más tiempo de exposición al ambiente ya que las cañas son expuestas en baldes sucios, en muchos casos en el piso. Según estudios existe una relación directa de concentración de metales con el tiempo de exposición a su vez muchos estudios demuestran que ciertas zonas de Lima presentan un aumento de contaminantes metálicos en suelos y aire debido a la contaminación ambiental⁴⁰. Los resultados demuestran que existe un alto porcentaje de contaminantes y trazas del metal en el “jugo de caña de azúcar” (*Saccharum officinarum*) ya que supera el límite máximo permisible según organización mundial de salud (OMS), la organización de la agricultura y alimentos (FAO) y la Codex Alimentarius^{24,28}.

V. CONCLUSIONES

- Se determinó la presencia de arsénico y plomo en muestras de “jugo de caña de azúcar” comercializados en los distritos Lima metropolitana.
- El promedio de la concentración de plomo en “jugo de caña de azúcar” por método de Espectrofotometría de Absorción Atómica con horno de grafito fue de 446.103 ppb ($\mu\text{g Pb/L}$) con una desviación estándar de $\sigma=314.38$ y un máximo de 1354.72 ppb y un mínimo de 42.91 ppb
- El promedio de la concentración de arsénico en “jugo de caña de azúcar” por método de Espectrofotometría de Absorción Atómica por generador de hidruros fue de 29.23 ($\mu\text{g As/L}$) ppb con una desviación estándar de $\sigma=102.92$ y un máximo de 458.39 ppb y un mínimo menor a 1 ppb.
- La concentración promedio de plomo en “jugo de caña de azúcar” supera los Límites máximos permisibles (LMP) según OMS,FAO y Codex Alimentarius que es 100 ppb (0,1mg/L),el 95% de las muestras analizadas superan el LMP.
- La concentración promedio de arsénico en “jugo de caña de azúcar” no supera los Límites máximos permisible (LMP) según la OMS, FAO y Codex Alimentarius que es 200 ppb (0,2 mg/L), sin embargo el 5% de las muestras analizadas están por encima de los Límites máximos permisibles.
- A mayor tiempo de exposición al medio ambiente la concentración de plomo y arsénico en el “jugo de caña de azúcar” aumenta significativamente ya que el 100% de las muestras tomadas para determinar plomo a las 6:00 p.m. exceden el LMP y en el caso de arsénico el 27% exceden el LMP, encontrándose en ambos casos el máximo valor.

VI. RECOMENDACIONES

1. prevenir que se prolongue la exposición al arsénico implantando un sistema seguro de abastecimiento y almacenamiento de caña de azúcar destinada al consumo como zumo de bebida, rodajas etc.
2. Implementar sistemas que mejoren la educación y la participación de la comunidad. Es necesario que los miembros de cada comunidad comprendan los riesgos asociados a la exposición a altos niveles de arsénico y las fuentes conexas, como la ingesta de arsénico a través de cultivos alimentarios regados con agua contaminada o a través de alimentos cocinados con agua contaminada.
3. El Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA), DIGESA Y LA DIGEMID debería establecer mecanismos eficaces de control y fiscalización, que posibiliten el cumplimiento riguroso de la legislación vigente acerca de los LMP de metales pesados así como TLV, OSHA de exposición.
4. Es adecuado la venta de caña de azúcar en lugares y puestos fijos no muy expuesto a avenidas ni cerca de lugares de venta, mantenimiento de equipos electrónicos y grifos
5. Sería adecuado monitorear muestras en otros puntos de alta contaminación de mayor expendio para determinar si contiene y exceden los Límites Máximo de Permisibles (LMP) de metales como arsénico y plomo.
6. Realizar este tipo de estudios en otros distritos de Lima Metropolitana para poder hacer un seguimiento de la calidad de frutas que se venden al aire libre en consumo humano que se abastece a los habitantes.
7. Siendo la producción de alimentos, el alivio del hambre y la protección de los ecosistemas responsabilidades mundiales, entonces se recomienda que los países desarrollados participen más activamente en el uso y las aplicaciones de medidas y parámetros para controlar las trazas de metales en alimentos.
8. Implementar más zonas peatonales en la ciudad y fomentar la caminata
9. Desarrollo de una capacidad de fiscalización de fuentes móviles, específicamente la aplicación de revisiones técnicas periódicas. .

10. Promover e incentivar a crear y mantener las áreas verdes de la ciudad.
11. Realizar estudios epidemiológicos en los lugares donde se consumen alimentos
12. Monitorizar la concentración de plomo en algunos medios: agua, aire, alimentos, suelos, etc. y en poblaciones en riesgo (niños y madres gestantes), valores de concentración de arsénico que sobrepasan el límite recomendado por la Organización Mundial de la Salud ($10 \mu\text{g As/L}$), para establecer posibles riesgos de morbi-mortalidad por los diferentes tipos de cáncer asociados al arsénico, ello permitirá adoptar criterios normativos ajustados a la realidad local.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Conklin Laura MD, Sánchez Carlos A. MD, Neri Antonio MD, Staley Paula RN MPA, Blumenthal Wendy MPH, Jarrett Jeffrey M. MS, LePrell Rebecca MPH, Durant James MSPH CIH, Suarez Soto Rene J.** "Exposiciones a metales pesados en niños y mujeres en edad fértil en tres comunidades mineras Cerro de Pasco". Perú 21 de Mayo – 4 de Julio de 2007
2. Ministerio agricultura .datos estadísticos ,abastecimiento ,importancia, exportación de caña de azúcar ,Lima 2010
Disponible en:<http://www.minag.gob.pe/portal/sector-agrario/agricola/cultivos-de-importancia-nacional/az%C3%BAcar>
3. Resolución Ministerial N° 425-2008/MINSA Establecer la Estrategia Sanitaria Nacional de Atención a Personas Afectadas por Contaminación con Metales Pesados y Otras Sustancias Químicas, cuyo órgano responsable es la Dirección General de Salud de las Personas. Junio de 2008
4. **Flores Espinoza E.R., Pérez Bobadilla J.T.** Determinación de arsénico, por absorción atómica, en agua de consumo humano proveniente de SEDAPAL y cisterna y de pozo en el distrito de puente piedra. tesis para optar al título de Químico Farmacéutico UNMSM-2009
5. **Yoshida T, Yamauchi H, Fan Sun G.,** Chronic health effects in people exposed to arsenic via the drinking water: doseresponse relationships in review. Toxicol Appl Pharmacol. 2004; 198(3): 243-52.
6. Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias comisión del Codex alimentarius .24º periodo de sesiones ginebra 2-7 julio de 2001 .Informe de la séptima reunión del comité del Codex sobre azucares Londres, 9-11 de febrero de 2000.
7. **Orundo Guarda C.F.,Robles Gomero J.T.** ,Determinación de plomo en suelo debido a la contaminación por fabricas aledañas al asentamiento humano cultural progreso del distrito de Ñaña Chacacayo. tesis para optar al título de Químico farmacéutico. UNMSM-2009
8. OSHA Regulations (Standards-29CFR) Lead.-1910.1025 Disponible en:<https://www.osha.gov/oshstats/work.htm>
9. **Villon Lam M.A., Lozano de La Cruz K.** , impacto bioquímico toxicológico del plomo como contaminante ambiental relacionado a enfermedades respiratorias en policía de tránsito en Lima Metropolitana. tesis para optar al título de Químico Farmacéutico.UNMSM-2010
10. **PHILIP, A.,** Sugar from cane. Caribbean Science Readers. Leugman Caribbean Limited. Jamaica 1985
11. Principales indicadores macroeconómicos. estadísticas sectoriales agropecuarios 2012. Disponible en: <http://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/economia>.
12. **CENICANA**, de www.cenicana.org: <http://www.cenicana.org>
13. **SPENCER - MEADE.** Manual de Caña de Azúcar. Montaner y Simón. S. A. Barcelona, España.1967

14. **Batista, J., E. Ferrari, Aparecida R., Pozar I., Zimback L. e M. C. De Andrade.**
Composição química de genótipos de cana-de-açúcar em duas idades, para fins de nutrição animal. *Bragantia*, Campinas, 2001; 63(3):311-319
15. **PEDROSA, P. 1952.** Manual para Laboratorio Azucarero. De Técnico - Azucarero. La Habana.1952
16. **Van Dillewijn, C.** Botánica de la caña de azúcar. Pp.10-23.Editoral pueblo y educación .La Habana, Cuba.1975
17. **Milliken W., Albert B.** The use of medicinal plants by the Yanomami Indians of Brazil, 1996;50:10-25
18. **Prieto F.; Perez F. y Barrado E.** Lixiviación selectiva de arsénico y otros elementos de material sedimentario arrastrado por aguas subterráneas en Zimapán, Hidalgo, México. *Interciencia*. 2006a; 31(1):50-56.
19. World Health Organization (WHO). Arsenic and Arsenic Compounds, 2ndedn. Environmental Health Criteria 224. Geneva 2001. (Accessed Apr. 2 2008).
Disponible en: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc224.htm>
20. **Surdu S , Fitzgerald EF , Bloom MS , Boscoe FP , carpinteras , Haase RF , Gurzău E , Rudnai P , K Koppová , Févotte J , Vahter M , T Leonardi , Goessler W , Kumar R , Fletcher T .**
Artículo: “La exposición ocupacional al arsénico y el riesgo de la piel no-melanoma cáncer en un estudio multinacional europea” Barcelona, 2001
21. **GISBERT CALABUIG J. A.** “Medicina Legal y Toxicología” Barcelona. Ed. Masson S.A. 5ta. Ed. 1998.
22. Agencia para sustancias toxicas y el registro de enfermedades (ATSDR) 2000. Reseña toxicológica de la Arsénico ,Atlanta ,GA :departamento de salud y servicio humanos de los EE.UU servicios salud publica Boston -2000
23. **Hopenhayn-Rich C, Browning S, Hertz-Picciotto I, Ferreccio C, Peralta C, Gibb G.** Chronic arsenic and risk of infant mortality in two areas of Chile. *Environ Health Perspect.* 2000; 108(7): 667-73.
24. Programa conjunto FAO/OMS .sobre normas alimentarias comisión de codex alimentarius .20º periodo de sesiones ginebra 28 de junio -7 de julio de 1992.
Informe de la 24º reunión del comité del codex sobre aditivos alimentarios y contaminantes de los alimentos. La Haya, países bajos ,23-28 de marzo de 1992
25. Resolución Ministerial Nº 389-2011/MINSA Aprueban la Guía Técnica Guía de práctica Clínica para el Diagnóstico y Tratamiento de la Intoxicación por Arsénico". Agosto de 2011
26. Manual de Toxicología Ocupacional, Chile, Ministerio de Salud 1979, pág. 19-25
27. **Arévalo Arévalo G.A., Figueroa Castellanos J.R.** TESIS para optar al título de Ingeniería Agroindustrial : “evaluación de la concentración de los residuos de plomo presentes en maíz, maicillo, frijol y caña de azúcar, cultivadas y comercializadas en

sitio del niño, San Juan Opico, la libertad"- El Salvador. Asesor: Ing. Juan Manuel Pérez Gómez

28. OMS-FAO. Evaluación de diversos aditivos alimentarios y los contaminantes arsenico,mercurio, plomo y cadmio. Información Técnica N° 50. p. 1 ,1992
29. **Martínez-Pezina, H. F.** Estudio de la acumulación de los metales pesados en cultivos de secano, en el distrito de riego 03 del valle del Mezquital. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. D.F ,2002
30. **Enrique L. y Somosa S.** Determinación de niveles de Contaminación por Plomo. Universidad Nacional de el Salvador. 1998 ;Pag.4-6 y 8
31. **Prieto Méndez J., González Ramírez C., Román Gutiérrez A.D., Prieto García F.** Artículo: Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua Tropical y Subtropical. Agroecosystems, Universidad Autónoma de Yucatán- México,DF.2009;10(1):29-44
32. **Goodman A, Ruddon W, Molinoff B, Limbird E, Hardman G.** Las bases farmacológicas de la terapéutica 9ª Ed. Mc Graw-Hill Interamericana. México,DF. 1998. p. 1755-6
33. Resolución Ministerial N° 511-2007/MINSA Aprueban la Guía Técnica "Guía de Práctica Clínica para el Manejo de Pacientes con intoxicación por Plomo" Mayo de 2010
34. Perkin-Elmer Corporation, Analytical methods for Atomic Absorption, Ago. 1994.
35. **Mc Graw-Hill** "Análisis Instrumental" Ed. Interamericana. 5ta. Ed.p. 227-250. Barcelona 1993.
36. **López. I., E. M Aranda, J. A. Ramos y G. D. Mendoza.** Evaluación nutricional de ocho variedades de caña de azúcar con potencial forrajero. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 2003; 37: 381-386.
37. **Alvares C** .Resumen del flujo vehicular de las vías de Lima Metropolitana –ambos sentidos municipalidad metropolitana de lima gestión transporte urbano subgerencia de estudio de tránsito y transporte urbano ,2008 Mayo (of.n°789-08-MML/GTU)
38. **Albert, Lilia A.;** Introducción A La Toxicología Ambiental; Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, División de Salud Ambiental Editora México DF. 1997, 177-196
39. (FDA's Consumer Updates page) que muestra lo más reciente de todos los productos regulados por la FDA.19 de Septiembre de 2012. Disponible en:
<http://www.fda.gov/ForConsumers/ConsumerUpdates/ucm149202.htm>
40. Perú, Ministerio del Ambiente. Decreto Supremo N° 002- 2008-MINAM. Estandares nacionales de calidad ambiental para agua. Lima: Ministerio del Ambiente; 2008.
41. Resolución Ministerial N° 480-2010/MINSA Se aprueba la NTS N° 068-MINSA/DGSP-V.1, "Norma Técnica de Salud que establece el Listado de Enfermedades Profesionales", la misma que forma parte integrante de la presente resolución. Mayo de 2010

VIII. ANEXO

GLOSARIO

Codex Alimentarius

La FAO y la Organización Mundial de la Salud (OMS) crearon la Comisión del Codex Alimentarius en 1963 para desarrollar normas alimentarias, directrices y textos tales como códigos de prácticas bajo el Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias. Los objetivos principales del programa son la protección de la salud del consumidor, lo que garantiza un comercio justo y promover la coordinación de todas las normas alimentarias acordadas por las organizaciones intergubernamentales y no gubernamentales.

FDA

La FDA (Food and Drug Administration: Agencia de Alimentos y Medicamentos o Agencia de Drogas y Alimentos) es la agencia del gobierno de los Estados Unidos responsable de la regulación de alimentos (tanto para personas como para animales), medicamentos (humanos y veterinarios), cosméticos, aparatos médicos (humanos y animales), productos biológicos y derivados sanguíneos.

FAO

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) Food and Agriculture Organization, es un organismo especializado de la ONU que conduce las actividades internacionales encaminadas a erradicar el hambre. Brinda sus servicios tanto a países desarrollados, como a países en vías de desarrollo; la FAO actúa como un foro neutral donde todas las naciones se reúnen como iguales para negociar acuerdos y debatir políticas. También es fuente de conocimiento e información, ayudando a los países en vías de desarrollo y transición a modernizar y mejorar sus actividades agrícolas, forestales y pesqueras, con el fin de asegurar una buena nutrición para todos.

EFSA

La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) es la piedra angular de la Unión Europea (UE) la evaluación de riesgos en relación con la alimentación y la seguridad de los piensos. En estrecha colaboración con las autoridades nacionales y en consulta abierta con las partes interesadas, la EFSA proporciona asesoramiento científico independiente y comunicación clara sobre los riesgos existentes y emergentes.

CONTAM

Los miembros de la Comisión Técnica de Contaminantes de la Cadena Alimentaria (CONTAM) El grupo CONTAM reúnen a expertos en evaluación de riesgos altamente cualificados procedentes de varias nacionalidades europeas con experiencia en una variedad de campos relevantes: Química - orgánica, inorgánica, química analítica, de alimentos y piensos en el ámbito de los contaminantes químicos Evaluación de la exposición - la experiencia es necesaria sobre todo en relación con la evaluación de la exposición alimentaria de contaminantes químicos, incluyendo el conocimiento de las encuestas de consumo de alimentos

JECFA

Evaluación de los riesgos asociados con las sustancias químicas (JECFA)

El Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) es un comité científico internacional de expertos administrado conjuntamente por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS). Ha venido reuniéndose desde 1956, inicialmente para evaluar la inocuidad de los aditivos alimentarios. Residuos de medicamentos veterinarios en productos animales, Contaminantes, Toxinas naturales, Evaluación de la exposición, Especificaciones y métodos analíticos, definición de los residuos, propuestas de límites máximos de residuos (medicamentos veterinarios), Desarrollo de principios generales.

OSHA

Los Estados Unidos Administración de Seguridad y Salud (OSHA) es una agencia del Departamento de Trabajo de los Estados Unidos.. La misión de OSHA es el de "asegurar condiciones de trabajo seguras y saludables para los trabajadores y trabajadoras mediante la creación y aplicación de normas y mediante la capacitación, la difusión, la educación y la asistencia". OSHA es responsable de hacer cumplir sus normas a las entidades reguladas. La agencia envía los oficiales de cumplimiento de seguridad y salud a los lugares de trabajo, donde se llevan a cabo las inspecciones y evalúan las multas por violaciones de reglamentación. Las inspecciones de los lugares de trabajo en las industrias particularmente peligrosas. Las inspecciones también pueden resultar en respuesta a incidentes de trabajo, quejas de los trabajadores o referencias por parte de otros individuos.

LMP


El Límite Máximo Permisible (LMP) es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción son establecidos por dicho Ministerio.

CODEX ALIMENTARIUS


Es una colección reconocida internacionalmente de estándares, códigos de prácticas, guías y otras recomendaciones relativas a los alimentos, su producción y seguridad alimentaria bajo el objetivo de la protección del consumidor. Oficialmente este código es mantenido al día por la Comisión del Codex Alimentarius, un cuerpo conjunto con la Food and Agriculture Organization (FAO) organismo perteneciente a las Naciones Unidas y a la Organización Mundial de la Salud (OMS) cuyo objeto ya desde 1963 es la protección de la salud de los consumidores y asegurar las prácticas en el transporte internacional de alimentos.

		UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS			
RESULTADO DE ANALISIS DETERMINACIÓN: ARSÉNICO Y PLOMO					
Código de Muestra	Referencia de la Muestra	Determinación	Resultados		
USAQ 338-06	28/11/2013 6pm Av. Wiese - SJL	ARSÉNICO	N.D.		
USAQ 338-07	28/11/2013 6pm Av. Proceres - SJL	ARSÉNICO	N.D.		
USAQ 338-08	26/11/2013 10 am Av. Caquetá- Rimac	ARSÉNICO	N.D.		
USAQ 338-09	27/11/2013 10am Av. Aviación - La Victoria	ARSÉNICO	N.D.		
USAQ 338-10	29/11/2013 10am Av. 28 de Julio - Cercado de Lima	ARSÉNICO	N.D.		
USAQ 338-11	27/11/2013 6pm Av. Paríacochas - La Victoria	ARSÉNICO	N.D.		
USAQ 338-12	27/11/2013 6pm Av. Paríacochas - La Victoria	ARSÉNICO	N.D.		
USAQ 338-13	27/11/2013 6pm Av. Aviación - La Victoria	ARSÉNICO	N.D.		
Muestra Proporcionada por el Cliente.					
IE-001-2014 UNMSM-FFB(Página 2 de 6)					
Av. Venezuela cdra. 34 - Ciudad Universitaria - Pabellón B Química, Central Telefónica: 619-7000 anexo 1203, Fax 1218 E-mails: usaq@fq.unmsm.pe usaq.unmsm@yahoo.es					

		UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS			
INFORME DE ENSAYO N° 001-2014					
Cliente Dirección : UNMSM-Facult. De Farmacia y Bioquímica Atención : Jr. Puno 1002 - Lima Referencia USAQ : Mg. Alfonso Apestegui / Bach. Jesús Emanuel Huany Pacotaype Muestras : 338-01/40 Cotización : ZUMMO DE CAÑA DE AZÚCAR Fecha de Recepción : 221-2013/USAQ-FQIQ Fecha de Emisión : 03/12/2013 : 06/01/2014					
RESULTADO DE ANALISIS DETERMINACIÓN: ARSÉNICO Y PLOMO					
Código de Muestra	Referencia y Codificación de la Muestra	Determinación	Resultados		
USAQ 338-01	29/11/2013 6pm Av. 28 de Julio - Cercado	ARSÉNICO	51.80 ppb		
USAQ 338-02	29/11/2013 6pm Jr. Puno-Abancay-Lima	ARSÉNICO	458.39 ppb		
USAQ 338-03	26/11/2013 10am Pte. Nuevo- El Agustino	ARSÉNICO	N.D.		
USAQ 338-04	26/11/2013 6pm Pte. Nuevo-El Agustino	ARSÉNICO	N.D.		
USAQ 338-05	27/11/2013 6pm Av. Caquetá - Rimac	ARSÉNICO	N.D.		
Muestra Proporcionada por el Cliente.					
IE-001-2014 UNMSM-FFB(Página 1 de 6)					
Av. Venezuela cdra. 34 - Ciudad Universitaria - Pabellón B Química, Central Telefónica: 619-7000 anexo 1203, Fax 1218 E-mails: usaq@fq.unmsm.pe usaq.unmsm@yahoo.es					



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA
UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS




RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN: ARSÉNICO Y PLOMO

Código de Muestra	Referencia y Codificación de la Muestra	Determinación	Resultados
USAQ 338-22	30/11/2013 6pm Av. Caquetá - El Rimac	PLOMO	618.18 ppb
USAQ 338-23	29/11/2013 6pm Jr. Puno-Abancay-Lima	PLOMO	305.29 ppb
USAQ 338-24	27/11/2013 10am Av. Caquetá - Rimac	PLOMO	487.62 ppb
USAQ 338-25	27/11/2013 6pm Av. Parinacochas - La Victoria	PLOMO	382.53 ppb
USAQ 338-26	28/11/2013 6pm Av. Próceres - SJL	PLOMO	487.62 ppb
USAQ 338-27	29/11/2013 6pm Av. 28 de Julio - Cercado	PLOMO	183.19 ppb
USAQ 338-28	29/11/2013 10am Av. 28 de Julio - Cercado	PLOMO	446.68 ppb


Muestra Proporcionada por el Cliente

IE-001-2014 UNMSM-FFH (Página 4 de 6)

Av. Venezuela cdra. 34 - Ciudad Universitaria - Pabellón B Química. Central Telefónica: 619-7000 anexo 1203, Fax 1218
E-mails: usaq@fqiq.unmsm.pe usaq.unmsm@yahoo.es



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA
UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS






RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN: ARSÉNICO Y PLOMO


Código de Muestra	Referencia de la Muestra	Determinación	Resultados
USAQ 338-14	28/11/2013 10 am Av. Próceres SJL	ARSÉNICO	N.D.
USAQ 338-15	27/11/2013 6pm Av. Parinacochas - La Victoria	PLOMO	498.42 ppb
USAQ 338-16	26/11/2013 10am Pte. Nuevo - El Agustino	PLOMO	42.91 ppb
USAQ 338-17	27/11/2013 6pm Pte. Nuevo - El Agustino	PLOMO	500.87 ppb
USAQ 338-18	28/11/2013 10am Av. Wiese - SJL	PLOMO	214.35 ppb
USAQ 338-19	27/11/2013 6pm Av. Aviación - La Victoria	PLOMO	121.01 ppb
USAQ 338-20	29/11/2013 10am Jr. Puno/Av. Abancay - Lima	PLOMO	248.39 ppb
USAQ 338-21	28/11/2013 6pm Av. Próceres S.J.L.	PLOMO	215.11 ppb

Muestra Proporcionada por el Cliente

IE-001-2014 UNMSM-FFH (Página 3 de 6)

Av. Venezuela cdra. 34 - Ciudad Universitaria - Pabellón B Química. Central Telefónica: 619-7000 anexo 1203, Fax 1218
E-mails: usaq@fqiq.unmsm.pe usaq.unmsm@yahoo.es

	UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS	
RESULTADO DE ANALISIS DETERMINACIÓN: ARSÉNICO Y PLOMO		
Código de Muestra	Referencia y Codificación de la Muestra	Resultados
USAQ 338-37	Av. 28 de Julio (Parada) 6 pm	74.58 ppb
USAQ 338-38	Av. 28 de Julio 6pm	825,16 ppb
USAQ 338-39	11/2013 6pm ACHO	372,52 ppb
USAQ 338-40	11/2013 10am ACHO	995,27 ppb
Muestra Proporcionada por el Cliente N.D. = NO DETECTABLE Límite de Detección: Arsénico = 1ppb Límite de Detección: Plomo = 4 ppb Método: Metales HVGAAAS Determinación de Arsénico por Absorción Atómica con Generador de Hidruros USAQ-ME-09 Metales GFAAAS Determinación de Plomo por Absorción Atómica con Horno de Grafito USAQ-ME-15		
Nota: El presente informe sólo es válido en su estado original, cualquier copia o reproducción en el contenido lo anula automáticamente. Chequear la validez de la información después del plazo de 15 días calendario de entregarse el Informe de Trabajo, todo el tiempo indicado no se aceptarán reclamos ni devoluciones.		
<div style="text-align: right;">  Quim. María Angélica Rodríguez Best Directora de la USAQ CQP: 597 </div>		
IE-001-2014 UNMSM-FFB (Página 6 de 6)		
Av. Venezuela cdra. 34 - Ciudad Universitaria - Pabellón B Química, Central Telefónica: 619-7000 anexo 1203, Fax 1218 E-mails: usaq@fqq.unmsm.pe usaq.unmsm@yahoo.es		

	UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS	
RESULTADO DE ANALISIS DETERMINACIÓN: ARSÉNICO Y PLOMO		
Código de Muestra	Referencia y Codificación de la Muestra	Resultados
USAQ 338-29	11/2013 6pm ACHO	N.D.
USAQ 338-30	11/2013 10am ACHO	N.D.
USAQ 338-31	29/11/2013 10am Jr. Puno/Av. Abancay - Lima	213.48 ppb
USAQ 338-32	28/11/2013 6pm Av. Wiese - SJL	1354,72 ppb
USAQ 338-33	27/11/2013 10am Av. Aviación - La Victoria	408,74 ppb
USAQ 338-34	29/11/2013 10am Jr. Puno/ Av. Abancay - Lima	N.D.
USAQ 338-35	29/11/2013 10am Jr. Puno - Abancay - Lima	N.D.
USAQ 338-36	29/11/2013 10am Av. Wiese - SJL	N.D.
Muestra Proporcionada por el Cliente		
IE-001-2014 UNMSM-FFB (Página 5 de 6)		
Av. Venezuela cdra. 34 - Ciudad Universitaria - Pabellón B Química, Central Telefónica: 619-7000 anexo 1203, Fax 1218 E-mails: usaq@fqq.unmsm.pe usaq.unmsm@yahoo.es		



ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES
UNIDAS PARA LA AGRICULTURA
Y LA ALIMENTACIÓN

ORGANIZACIÓN
MUNDIAL
DE LA SALUD



OFICINA CONJUNTA: Viale delle Terme di Caracalla 00100 ROMA Tel: 39 06 57051 www.codexalimentarius.net Email: codex@fao.org Facsimile: 39 06 5705 4593

ALINORM 03/39A

PROGRAMA CONJUNTO FAO/OMS SOBRE NORMAS ALIMENTARIAS

COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS

26º período de sesiones

Roma, 30 de junio – 5 de julio de 2003

**INFORME DE LA TERCERA REUNIÓN DEL
GRUPO DE ACCIÓN INTERGUBERNAMENTAL ESPECIAL DEL CODEX SOBRE
ZUMOS (JUGOS) DE FRUTAS Y HORTALIZAS**

Salvador (Bahía), Brasil, 6 – 10 de mayo de 2003

**NOTA: El presente informe incluye la carta circular del Codex CL 2003/19-F
Y9521/S**

comisión del codex alimentarius



ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES
UNIDAS PARA LA AGRICULTURA
Y LA ALIMENTACIÓN

ORGANIZACIÓN
MUNDIAL
DE LA SALUD



OFICINA CONJUNTA: Viale delle Terme di Caracalla 00100 ROMA Tel: 39 06 57051 www.codexalimentarius.net Email: codex@fao.org Facsimile: 39 06 5705 4593

CX 5/100

CL 2003/19-FJ
Mayo de 2003

- A:** -Puntos de contacto del Codex
-Organismos internacionales interesados
- DE:** Secretario de la Comisión del Codex Alimentarius, Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia
- ASUNTO:** **Distribución del informe de la tercera reunión del Grupo de Acción Intergubernamental Especial del Codex sobre Zumos (Jugos) de Frutas y Hortalizas**
- PARTE A:** **ASUNTOS QUE SE SOMETEN A LA APROBACIÓN DE LA COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS EN SU 26º PERÍODO DE SESIONES**

1. Anteproyecto de Norma General del Codex para Zumos (Jugos) y Néctares de Frutas en el Trámite 5/8 (párrs. 86 y 87 y Apéndice II)

Los gobiernos y organismos internacionales que deseen proponer enmiendas o formular observaciones en relación con el Anteproyecto de Norma antes mencionado deberán hacerlo por escrito, *preferiblemente por correo electrónico*, de conformidad con la *Guía para el examen de normas en el Trámite 8 del procedimiento para la elaboración de normas del Codex, incluido el examen de declaraciones relativas a las consecuencias económicas* (Manual de procedimiento del Codex Alimentarius, 12ª edición, páginas 26 a 27), al Secretario de la Comisión del Codex Alimentarius, Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia (nº de fax: +39 (06) 5705 4593; correo electrónico: codex@fao.org), **antes del 20 de JUNIO de 2003.**

2. Anteproyecto de nivel mínimo de grados Brix para zumo (jugo) reconstituido y puré reconstituido y contenido mínimo de zumo (jugo) y/o puré para néctares de frutas (% en volumen) – zumo (jugo) de uva, guayaba, mandarina/tangerina, mango, granadilla y tamarindo (dátil indio) – en el Trámite 5 (párr. 88 y Apéndice III).

Los gobiernos y organismos internacionales que deseen presentar observaciones sobre las consecuencias que pudiera tener el Anteproyecto de nivel de grados Brix/contenido de puré o cualesquiera de sus disposiciones para sus intereses económicos deberán hacerlo por escrito, *preferiblemente por correo electrónico*, de conformidad con el *Procedimiento uniforme para la elaboración de normas del Codex y textos afines* (en el Trámite 5) (Manual de procedimiento del Codex Alimentarius, 12ª edición, páginas 21 a 23), al Secretario de la Comisión del Codex Alimentarius, Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia (nº de fax: +39 (06) 5705 4593; correo electrónico: codex@fao.org), **antes del 20 de JUNIO de 2003.**

comisión del codex alimentarius

ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA LA AGRICULTURA
Y LA ALIMENTACION

ORGANIZACION MUNDIAL
DE LA SALUD

OFICINA CONJUNTA: Via delle Terme di Caracalla 00100 ROMA Tel.: 39 6 57051 Télex: 625825-625853 FAO I Email: codex@fao.org Facsimile: 39 6 5705 4593

Tema 15e) del programa

CX/FAC 99/22
Diciembre de 1998

PROGRAMA CONJUNTO FAO/OMS SOBRE NORMAS ALIMENTARIAS

COMITE DEL CODEX SOBRE ADITIVOS ALIMENTARIOS Y CONTAMINANTES DE LOS ALIMENTOS

31ª reunión,

La Haya, Países Bajos, 22-26 de marzo de 1999

DOCUMENTO DE POSICIÓN SOBRE EL ARSÉNICO (Preparado por Dinamarca)

PETICIÓN DE OBSERVACIONES E INFORMACIÓN

Se invita a los gobiernos y los organismos internacionales interesados que deseen hacer observaciones sobre el documento de posición sobre el arsénico a que lo hagan para el 20 de enero de 1999 y las envíen a la dirección siguiente: Ms. S.P.J. Hagenstein, Netherlands Codex Contact Point, Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries, P.O. Box 20401, 2500 E.K., La Haya, Países Bajos (telefax no 31.70.347.7552), remitiendo una copia al Jefe del Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia.

Cuadro 2 Resumen de los datos disponibles sobre las concentraciones del total de arsénico en productos alimenticios (del JECFA 2010)

Categorías de alimentos	n	n < LOR ^a	Margen (mg/kg)
Productos lácteos y sucedáneos			
Leche y leche en polvo	284	65	0,001-0,15
Productos lácteos	92	61	0,010-0,35
Grasas y aceites	39	0	0,003-0,18
Carne y productos cárnicos			
Carne	4 977	4 124	0,004-0,78
Despojos	2 074	1 096	0,009-0,45
Productos cárnicos	50	20	0,003-3,25
Huevos y ovoproductos	171	111	0,003-0,04
Productos de pastelería	186	61	0,002-1,13
Dulces	138	21	0,003-0,26
Productos de panadería	71	49	0,002-0,25
Bebidas			
Bebidas alcohólicas (excepto las bebidas espirituosas destiladas de arroz)	462	64	0,001-0,05 ^b
Bebidas espirituosas destiladas de arroz	8	2	0,050-1,64 ^b
Bebidas no alcohólicas	120	16	0,001-0,26 ^b
Hortalizas/frutas/nueces/algas marinas			
Frutas	966	800	0,005-2,20
Pescado y productos pesqueros			
Pescado marino	1 409	0	0,10-62
Marisco	171	0	0,090-66
Pescado de agua dulce	238	0	0,060-4,72
Productos alimenticios para bebés	75	5	0,001-4,66

LOR límite de información (límite de detección o cuantificación)

^a Resultados presentados para valores detectados solamente (no detectado [ND]=0).

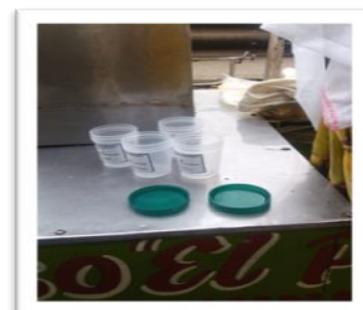
^b Datos expresados como mg/l.

Cuadro 3. Resumen de los datos disponibles sobre las concentraciones de arsénico inorgánico en productos alimenticios ^a (del JECFA 2010)

Productos alimenticios	n	n < LOD	Margen de concentración (mg/Kg)
Algas marinas desecadas	539	4	0,1-130
Arroz	0837	0	0,01-0,51
Pescado y productos pesqueros	325	1	0,001-1,2
Hortalizas	36	1	0,008-0,61

^a Resultados presentados para valores detectados solamente ([ND]=0).

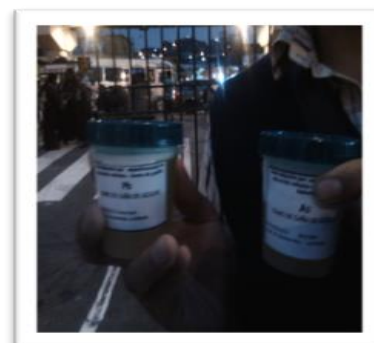
Fotografía de lugares donde se tomaron la muestra de jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y materiales para la extracción del jugo (Lima Metropolitana)



Corredor. Evitamiento - ovalo Acho 10:00 am. Distrito del Rímac



Av. Parinacochas. Altura de Gamarra. Distrito La Victoria



Av. Aviación. Altura de la Parada. La Victoria



Jr. Puno con Jr. Paruro. Distrito Cercado de Lima



Av. Wiese paradero 7 . J.Carlos Mariátegui- San Juan de Lurigancho



Av.Próceres de La Independencia Pdo. Banchero - San Juan de Lurigancho

EXTRACTOR Y MATERIALES



COLADOR Y VASIA DE
RECEPCIÓN



BALDES PARA RECEPCIÓN DE
CAÑA DE AZÚCAR



JARRAS PARA LA RECEPCIÓN
DEL JUGO



EXTRACTOR DE RODILLOS SUPUESTAMENTE
DE ACERO INOXIDABLE